

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ЛУГАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

ВЕСТНИК

**ЛУГАНСКОГО
НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 2 (4)
ЧАСТЬ 2
2017**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Луганск 2017

ВЕСТНИК

ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 2(4) Ч.2 2017

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ

ВХОДИТ В БАЗУ

РИНЦ

ОСНОВАТЕЛЬ

Луганский национальный университет
имени Владимира Даля

Журнал зарегистрирован в Министерстве
информации, печати и массовых коммуникаций
Свидетельство о государственной регистрации
Издателя, изготовителя и распространителя
средства массовой информации

Серия № ПИ 000108 от 08 июня 2017 г.

VESTNIK

LUGANSK VLADIMIR DAHL
NATIONAL UNIVERSITY

№ 2(4) P.2 2017

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 2015

INCLUDED INTO THE BASE OF

RISC

Founder

Lugansk Vladimir Dahl
National University

Journal is registered by the Ministry of Information,
Publishing and Mass Communications
State Registration Certificate of Publisher,
Producer and Distributor of means of mass
information

Series № PI 000108 of June, 08 2017

В журнале публикуются результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата технических, гуманитарных, экономических, общественных, юридических, педагогических, исторических, химических и физико-математических наук.

ISSN 2519-4291

Главная редакционная коллегия :

Свиридова Н.Д., докт. экон. наук, (главный редактор),
Старченко В.Н., докт. техн. наук, (зам. главн. редактора),
Витренко В.А., докт. техн. наук (зам. главн. редактора),
Ver R., dr hab,
Авершин А.А., канд. техн. наук,
Андрійчук Н.Д., докт. техн. наук,
Артеменко В.А., докт. экон. наук,
Атоян А.И., докт. филос. наук,
Белых А.С., докт. пед. наук,
Будиков Л.Я., докт. техн. наук,
Гедрович А.И., докт. техн. наук,
Губачева Л.А., докт. техн. наук,
Гутько Ю.И., докт. техн. наук,
Дейнека И.Г., докт. техн. наук,
Дрозд Г.Я., докт. техн. наук,
Евдокимов Н.А., докт. ист. наук,
Ерошин С.С., докт. техн. наук,
Захарчук А.С., докт. техн. наук,
Зубов А.Р., докт. сельх. наук,
Зубова Л.Г., докт. техн. наук,
Исаев В.Д., докт. филос. наук,
Клименко А.С., докт. филол. наук,
Коваленко А.А., канд. техн. наук, проф,
Кожемякин Г.Н., докт. техн. наук,
Коробецкий Ю.П., докт. техн. наук,
Корсунов К.А., докт. техн. наук,
Кривоколыско С.Г., докт. хим. наук,
Крохмалева Е.Г., канд. пед. наук,

Куликов Ю.А., докт. техн. наук,
Лазор В.В., докт. юридич. наук,
Лазор Л.И., докт. юридич. наук,
Лустенко А.Ю., докт. филос. наук,
Ляпин В.П., докт. биол. наук,
Максимова Т.С., докт. экон. наук,
Максимов В.В., докт. экон. наук,
Мечетный Ю.Н., докт. мед. наук,
Мирошников В.В., докт. техн. наук,
Мортиков В.В., докт. экон. наук,
Нечаев Г.И., докт. техн. наук,
Панайотов К.К., канд. техн. наук,
Родионов А.В., докт. экон. наук,
Рябичева Л.А., докт. техн. наук,
Рябичев В.Д., докт. техн. наук,
Санжаров С.Н., докт. ист. наук,
Семин Д.А., докт. техн. наук,
Скляр П.П., докт. психол. наук,
Слащев В.А., канд. техн. наук, проф,
Тарарычкин И.А., докт. техн. наук,
Тисунова В.Н., докт. экон. наук,
Ульшин В.О., докт. техн. наук,
Утутов Н.Л., докт. техн. наук,
Фесенко Ю.П., докт. филол. наук,
Шамшина И.И., докт. юридич. наук,
Шелюто В.М., докт. филос. наук,
Яковенко В.В., докт. техн. наук

Ответственный за выпуск: Витренко В.А.

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского национального университета имени Владимира Даля (Протокол № 9 от 28.04.2017 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

© Луганский национальный университет имени Владимира Даля, 2017
© Lugansk Vladimir Dahl National University, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В СТАЛИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ <i>Сырцов А.И., Половинка Д.В., Парсентьев О.С.</i>	9
ВЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ В МАЛОРАКУРСНОЙ ТОМОГРАФИИ С КОДИРОВАННЫМИ АПЕРТУРАМИ <i>Плахотник В.Ю., Кочергин А.В., Махортова Н.В.</i>	16
АНАЛИЗ ИЗНОСА ДЕТСКИХ БРЮК ПОВСЕДНЕВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Дейнека И.Г., Гончарова Н.В.</i>	21
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПИТАНИЯ АСИНХРОННЫХ МОТОР ВЕНТИЛЯТОРОВ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ КОРОТКОЗАМЫКАЮЩИМИ КОЛЬЦАМИ В ОБМОТКЕ РОТОРА ОТ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ АВАРИЙНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ И ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ ТРОГАНИЯ ТЕПЛОВОЗА <i>Захарчук И.А., Захарчук А.С.</i>	25
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ МОТОР-ВЕНТИЛЯТОРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕПЛОВОЗЕ 2ТЭ116 <i>Захарчук И.А.</i>	31
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДОАВАРИЙНОГО РЕЖИМА И ВЫЯВЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ 6-10 кВ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ <i>Кузьменко Д.И., Яременко С. П.</i>	37
УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В СТАЛИ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 220-500 кВ И СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6-110 кВ ЛУГАНСКОГО РЕГИОНА <i>Сырцов А.И., Половинка Д.В., Парсентьев О.С.</i>	43
СИНТЕЗ ФУНКЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ НЕКРУГЛЫМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЕСАМИ ДЛЯ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА <i>Утутов Н.Л., Муховатый А.А.</i>	54
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ МОЛОДЕЖИ НА ВОЕННОЙ КАФЕДРЕ ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ <i>Коровин М.А.</i>	57
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБЛЕЙ С ГИБРИДНЫМИ СИЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ <i>Бритик С.А., Гальченко А.О., Ажиппо А.Г.</i>	61
К ВОПРОСУ О НОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕКУЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЯ ТЕЛЕЖЕК ВАГОНОВ <i>Губачева Л.А., Андреев А.А., Панфилов А.М.</i>	66
О ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ ПОЛУЧЕННОМ ИЗ ПЕЛЛЕТНОГО ТОПЛИВА В АВТОМОБИЛЬНОМ ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ <i>Губачева Л.А., Шевченко Д.Ю.</i>	73
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Дмитриенко Д.В.</i>	80

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ <i>Киреев А.Н., Додонов В.И.</i>	85
СИСТЕМА ДВУХСТАДИЙНОГО СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ КАСКАДНО-ТЕПЛОВОГО СЖАТИЯ <i>Ковтун А. С., Данилейченко А.А., Брянцев М.А.</i>	92
ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ <i>Косоногова Л.Г., Нечаев Г.И., Третьяк И.В.</i>	97
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГИС "ITSGIS" ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ <i>Косоногова Л.Г., Нечаев Г.И., Лисихин М.А.</i>	101
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ ДЛЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРУКТУР <i>Коструб В.А, Панфилов А.М., Вербская Л.М.</i>	106
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА БЕЗОТКАЗНОСТИ МОДЕРНИЗОВАННЫХ ЛОКОМОТИВОВ <i>Куценко А.В., Сёмин Ю.Г.</i>	110
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СОВРЕМЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ <i>Лучко М.И., Попов С.В., Рязанцева Н.А.</i>	116
ПОВЫШЕНИЕ ОБЪЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОМОЩИ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ <i>Мокишина О.В.</i>	122
ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ОПОР МНОГОСЛОЙНЫХ ВАЛОВ <i>Мокишина О.В., Быкадоров В.В., Иванова Е.И.</i>	128
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА И РЕЛЬСА <i>Носко Г.С., Быкадоров В.В., Турманова Н.И., Иванова Е.И.</i>	133
АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВОГО СТЕРЖНЯ ПРИ ПРОТЯЖКЕ <i>Панфилов А.М., Коструб В.А., Шенкман Г.Л.</i>	141
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В КРИВОЙ ТЕЛЕЖКИ, ИМЕЮЩЕЙ НЕЗАВИСИМО ВРАЩАЮЩИЕСЯ КОЛЕСА <i>Слащёв В.А., Додонов В.И.</i>	146
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТА В ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ <i>Сметана С.А., Лычагин С.А.</i>	151
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОГО СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ <i>Сметана С.А., Соболев А.В.</i>	154
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ РЕЛЬСОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА <i>Старченко В.Н., Быкадоров В.В., Тенишев В.Е.</i>	157
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ФРИКЦИОННОЙ ПАРЫ ТРЕНИЯ ДИСКОВОГО ТОРМОЗА АВТОМОБИЛЕЙ <i>Старченко В.Н., Тенишев В.Е.</i>	164
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КАСКАДНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОМПРЕССОРОВ <i>Сторчеус Ю.В., Доценко Д.М., Сердобинцева Е.В.</i>	168

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ НАДДУВА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КАСКАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭНЕРГИИ <i>Сторчеус Ю.В., Антоненко Н.А., Пашко Н.И.</i>	172
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ИХ СПОСОБНОСТЬ ПРОТИВОСТОЯТЬ РАЗВИТИЮ ПРОЦЕССОВ ПОВРЕЖДЕНИЯ <i>Тарарычкин И.А.</i>	177
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЗОВ <i>Тасанг Э. Х., Быкадоров В.В., Клюев А.С., Иванова Е.И.</i>	182
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ С ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКОЙ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕЛЛАЖНЫХ СКЛАДОВ <i>Турушина Н.В., Турушин В.А., Редько А.М.</i>	196
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА С РЕГУЛЯТОРОМ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ <i>Тырловой С.И., Карнаух И.М.</i>	199
ВОСПИТАНИЕ ИНТЕЛЛИГЕНТНОСТИ У СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ ЛИЧНОСТИ <i>Дзундза А. И., Фунтикова Н. В.</i>	203
ФУНКЦІЇ ФОНОСТИЛІСТИЧНИХ ЗАСОБІВ У ДОЖОВТНЕВИХ БАЙКАХ <i>Брайловська Ю. П.</i>	210
ДИАЛОГИЧЕСКИЕ КОММУНИКАТИВНЫЕ СИТУАЦИИ СЕМЕЙНОГО ДИСКУРСА (ГЕНДЕРНЫЙ АСПЕКТ) <i>Понкратенкова А.В.</i>	213
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО В ОБЩЕСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЖИЗНИ УССР КОН. 50-НАЧ. 60-х гг. XX в. (по материалам Госархива ЛНР) <i>Панченкова Н.А.</i>	218
НАЧАЛО РЕВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОНБАССЕ «РУССКОЙ ВЕСНОЙ» 2014 <i>Федоровский Ю.Р.</i>	222

CONTENTS

CALCULATION OF MAGNETIC LOSSES OF ENERGY IN STEEL OF POWER TRANSFORMERS WITH THE ACCOUNT OF NON-INVISIBILITY OF MAGNETIC INDUCTION <i>Syrtsov A.I., Polovinka D.V., Parsentiev O.S.</i>	9
FAN-BEAM GEOMETRY IN THE FEW-ANGLE TOMOGRAPHY WITH CODED APERTURES <i>Plakhotnik V.J., Kochergin A.V., Makhortova N.V.</i>	16
ANALYSIS OF THE WEAR OF CHILDREN'S PANTS FOR EVERYDAY USE <i>Deineka I.G., Goncharova N.V.</i>	21
ANALYSIS OF POWER SUPPLY MODES OF ASYNCHRONOUS MOTOR FAN WITH SHIELDED SHORT-RINGS IN THE ROTOR WIND FROM THE DRIVING GENERATOR UNDER THE EMERGENCY EXCITATION AND HEAVY CONDITIONS OF THRESHOLD TROUBLESHOOTING <i>Zaharchuk I.A., Zaharchuk A.S.</i>	25
ANALYSIS OF OPERATING MODE OF ASYNCHRONOUS MOTOR FANS ON THE LOCOMOTIVE 2TE116 IN EXPLOITATION <i>Zacharchuk I.A.</i>	31
AUTOMATIC RECUPERATION BEFORE EMERGENCY MODE AND IDENTIFICATION OF DAMAGED CONNECTION IN NETWORKS WITH ISOLATED NEUTRAL 6-10 kV UNDER ONE-PHASE CIRCUITS TO EARTH <i>Kuzmenko D.I., Yaremenko S.P.</i>	37
UPDATED CALCULATION AND COMPARATIVE ANALYSIS DISTRIBUTION OF MAGNETIC LOSS OF ENERGY IN STEEL AVTOTRANSFORMERS VOLTAGE 220-500 kV AND POWER TRANSFORMERS 6-110 kV IN LUGANSK REGION <i>Syrtsov A.I., Polovinka D.V., Parsentiev O.S.</i>	43
SYNTHESIS of FUNCTION of TRANSMISSION RELATION of TRANSMISSION by UNROUND GEAR-WHEELS FOR KROVOSHIPNOGO OVERSEAS MECHANISM <i>Ututov N.L., Muhovaty A.A.</i>	54
THE STATE AND PROSPECTS OF THE PATRIOTIC EDUCATION OF YOUTH IN THE MILITARY DEPARTMENT OF LUHANSK NATIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER VOLODYMYR DAHL <i>Korovin M.A.</i>	57
PECURLARITIES OF HYBRID ELECTRICAL VEHICLES MAINTANANCE <i>Britik S.A., Galchenko A.O., Azhippo A.G.</i>	61
THE ISSUE OF THE NEW ROUTINE MAINTENANCE FRIKTSIONNOYH DAMPER TRUCKS CARS <i>Gubacheva L.A., Andreev A.A., Panfilov A.M.</i>	66
THE PRODUCT GAS OBTAINED FROM THE PELLET FUEL IN THE AUTOMOBILE GAS-GENERATOR <i>Gubacheva L., Shevchenko D.</i>	73
IMPROVEMENT OF DUST CATCHING EQUIPMENT EFFICIENCY <i>Dmitrienko D.V.</i>	80
IMPROVED ULTRASOUND DIAGNOSTICS CAST ELEMENTS OF RAILWAY ROLLING STOCK <i>Kireyev A.N., Dodonov V.I.</i>	85
SYSTEM TWO-STAGE MIXING CASCADE THERMAL COMPRESSION <i>Kovtun A.S., Danileychenko A.A., Bryntsev M.A.</i>	92

APPLICATION INNOVATIVE TECHNOLOGIES ON RAILWAY TRANSPORT <i>Kosonogova L.G., Nechaev G.I., Tretyak I.W.</i>	97
RESEARCH OF TRANSPORT FLOWS INTENSITY IN INTELLECTUAL GIS "ITSGIS" FOR AUTOMOTIVE ROAD <i>Kosonogova L.G., Nechaev G.I., Lisikhin M.A.</i>	101
INVESTIGATION OF THE MANUFACTURING PRODUCTION PROCESS OF CARBON-PLASTIC RODS FOR CARBON-CARBONIC COMPOSITE STRUCTURES <i>Kostrub V.A., Panfilov A.M., Verbskaya L.M.</i>	106
IMPROVEMENT OF CALCULATION OF NON-FAILURE OPERATION OF THE MODERNIZED LOCOMOTIVES <i>Kushchenko A.V., Siomin Y.G.</i>	110
INFORMATION TECHNOLOGIES AT MODERN TRANSPORT ENTERPRISE <i>Luchko M. I., Popov S.V., Ryazantseva N.A.</i>	116
IMPROVING QUALITY OF CONTROL OBJECTIVE GARMENTS WITH THREE-DIMENSIONAL SCANNING <i>Mokshina O.V.</i>	122
OPTIMAL LAYOUT OF MULTILAYER SHAFT <i>Mokshina O.V., Bykadorov V.V., Ivanova E.I.</i>	128
ABOUT FEATURES OF CONTACT INTERACTION OF THE WHEEL AND RAIL <i>Nosko G.S., Bykadorov V.V., Turmanova N.I., Ivanova E.I.</i>	133
ANALYSIS OF THE STRESSED STATE OF THE CARBON PLASTIC ROD WHEN BROACHING <i>Panfilov A.M., Kostrub V.A., Shenkman G.L.</i>	141
EFFICIENCY OF MOVEMENT THE BOGIE WITH THE INDEPENDENTLY REVOLVED WHEELS IN CURVED SECTION TRACK <i>Slashev V.A., Dodonov V.I.</i>	146
ANALYSIS OF FEATURES OF USE ROAD TRANSPORT IN E-COMMERCE TECHNOLOGY <i>Smetana S.A., Luchagin S.A.</i>	151
INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF THE ROAD NETWORK WITH THE USE OF AN ADAPTIVE TRAFFIC LIGHT CONTROL <i>Smetana S.A. Sobolev A.V.</i>	154
MODELING OF THERMAL PROCESSES IN INHIBITION OF RAIL ROLLING STOCK <i>Starchenko V., Bikadorov V., Tenishev V.</i>	157
MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THERMAL PROCESSES OF FRICTION DISC BRAKE FRICTION PAIRS OF CARS <i>Starchenko V.N., Tenishev V.E.</i>	164
RESEARCH OF INDICATORS WORK OF CASCADE HEAT COMPRESSORS <i>Starcheous Y.V., Dotsenko D.M., Serdobintseva E.V.</i>	168
IMPROVING EFFICIENCY OF SUPERVISION SYSTEMS BY APPLICATION OF CASCADE TRANSFORMERS OF ENERGY <i>Starcheous Y.V., Antonenko N.A., Pashko N.I.</i>	172
INFLUENCE OF STRUCTURAL FEATURES OF PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR THEIR ABILITY TO RESIST THE DEVELOPMENT OF DAMAGE PROCESSES <i>Tararychkin I.A.</i>	177

The ELECTRIC MOTOR EXCITATION SYSTEM IMPROVEMENT <i>Tasang E.H., Byikadorov V.V., Klyuev A.S, Ivanova E.I.</i>	182
THE USE OF TRANSPORT DEVICES WITH AIR PILLOW FOR MECHANIZATION AND AUTOMATION OF WAREHOUSE SHELIVING <i>Turushina N.V., Turushin V.A., Redko A.M.</i>	196
INCREASE OF PRECISION ACCURACY OF RATE OF ROTATION DIESEL-GENERATOR WITH REGULATOR OF DIRECT ACTION <i>Tyrlovoy SI, Karnaukh I.M.</i>	199
EDUCATION OF INTELLIGENTSHIP IN STUDENT YOUTH AS A MEANS FOR FORMING THE CULTURAL IDENTITY OF THE PERSON <i>Dzundza A. I., Funtikova N. V.</i>	203
FUNCTIONS OF THE PHONOSTILISTICS DEVICES IN PRE-REVOLUTIONARY FABLES <i>Brajlovska Ju. P.</i>	210
DIALOGUE COMMUNICATIVE SITUATIONS OF FAMILY DISCOURSE (GENDER ASPECT) <i>Ponkratenkova A.V.</i>	213
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CREATIVITY IN SOCIAL-ECONOMIC LIFE OF USSR IN THE END 50 – THE BEGINNING 60 – IES OF XX CENTURY (on materials of the Record office of LPR) <i>Panchenkova N.A.</i>	218
THE BEGINNING OF THE REVOLUTIONARY PROCESS IN DONBASS AT "RUSSIAN SPRING" 2014 <i>Fedorovsky J.R.</i>	222

УДК 621.314.222.6.017.3.011.3

РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В СТАЛИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Сырцов А.И., Половинка Д.В., Парсентьев О.С.

CALCULATION OF MAGNETIC LOSSES OF ENERGY IN STEEL OF POWER TRANSFORMERS WITH THE ACCOUNT OF NON-INVISIBILITY OF MAGNETIC INDUCTION

Syrtsov A.I., Polovinka D.V., Parsentiev O.S.

Для определения магнитных потерь энергии в стали силовых трансформаторов (СТ), намагничивающей реактивной мощности и энергии, вызванной полным гармоническим составом амплитуды тока холостого хода, а также мощности и энергии искажения при несинусоидальности магнитной индукции, предлагается метод, основанный на численном использовании намагничивающей мощности СТ, коэффициенте формы кривой намагничивания и паспортных данных СТ.

Проведен расчет годовых потерь активной энергии в стали магнитопроводов СТ 10(6)/0,4кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6)кВ и 110/35/10(6) распределительных сетей (РЭС) Луганского региона и годовичного максимума реактивной энергии, затрачиваемой на намагничивание этих трансформаторов при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях индукции.

Предложен ряд мероприятий для снижения реактивной составляющей тока холостого хода, уровня потерь энергии, затрачиваемой на намагничивание этих СТ.

Ключевые слова: трансформатор силовой трехфазный, годовичные потери активной энергии в стали, годовичный максимум реактивной энергии, годовичные потери энергии искажения, гармонический состав, ток холостого хода

Введение. В настоящее время для учета потерь на транспортировку и передачу электрической энергии через силовые трансформаторы (СТ) распределительных и магистральных электрических сетей к потребителям электрической энергии используется методика [1], в которой предлагается рассчитывать потери активной $\Delta W_T^{(P)}$ и реактивной $\Delta W_T^{(Q)}$ электроэнергии, обусловленные действием основных гармоник синусоидального тока и напряжения, по следующим упрощенным формулам:

$$\Delta W_T^{(P)} = P_{к.з.} \cdot k_3^2 \cdot k_\Phi^2 \cdot T_P + P_{х.х.} \cdot T_P; \quad (1)$$

$$\Delta W_T^{(Q)} = S_n \cdot \frac{U_{к.з.}}{100} \cdot k_3^2 \cdot k_\Phi^2 \cdot T_P + S_n \cdot \frac{i_0}{100} \cdot T_P, \quad (2)$$

где $P_{к.з.}$ – потери короткого замыкания трансформатора, кВт;

$P_{х.х.}$ – потери холостого хода трансформатора, кВт;

S_n – номинальная мощность обмотки трансформатора, кВА;

T_P – время работы оборудования на протяжении расчетного периода, в часах;

$U_{к.з.}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, %;

i_0 – ток холостого хода трансформатора, %;

k_3^2 – коэффициент загрузки обмотки трансформатора;

k_Φ^2 – коэффициент формы графика нагрузки трансформатора.

Однако в [1] не учтены магнитные потери в стали СТ при несинусоидальной индукции в магнитной системе, намагничивающей мощности и энергии, вызванной полным спектром гармоник реактивной составляющей амплитуды тока холостого хода, а также расчет мощности и энергии искажения, вызванный различием в форме кривых тока и напряжения.

Указанные явления обусловлены нелинейной зависимостью стали магнитопровода в СТ за счет обратимого и скачкообразного необратимого смещения границ доменов и поэтому массово распространены в электрических сетях

В работах [2,3,4] расчет действующего значения намагничивающего тока i_0 приводится исключительно для первой–основной гармоники.

Причем действие и учет гармоник высшего порядка (гармоник, кратных трем, и гармоник $\nu = 5, 7, \dots$ и т.д.) из амплитуды намагничивающего тока i_{0r} согласно [2] исключается путем введения коэффициента формы (гармоник) k_f , учитывающего наличие высших гармоник при расчете основной составляющей намагничивающего тока:

$$I_{0r} = \frac{F}{k_a \cdot k_f \cdot w}, \quad (3)$$

где F - средняя намагничивающая сила одной фазы, А;

$k_a = 1,41$ - коэффициент амплитуды по [5];

w - число витков обмотки.

Также в большинстве работ определению мощности искажения T отводится незначительная роль, ограниченная упоминанием в следующей формуле:

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}, \quad (4)$$

где S - полная мощность, указанная на табличке трансформатора, ВА;

P - активная мощность или полезная мощность, Вт;

Q - реактивная мощность, ВАр.

Однако более точный учет мощности искажения T позволяет получить наглядное представление о потерях электроэнергии в СТ, возникающих в результате искажения гармоник фазных токов и напряжений, добавочных потерях, наиболее проявляющихся в результате действия вихревых токов при соединении обмоток СТ с разным сочетанием первичных и вторичных напряжений, по схемам $Y/Y_n - 0$, $Y/D - 0$, $Y_n/Y_n / D - 0 - II$ и $Y_n / D / D - II - II$, а также позволяет учесть добавочные потери электроэнергии от циркуляции токов гармоник, кратных трем.

Целью настоящей работы является выполнение качественного и количественного учета магнитных потерь энергии в стали, намагничивающей реактивной мощности и энергии, вызванной полным гармоническим составом амплитуды тока холостого хода, а также мощности и энергии искажения при несинусоидальности магнитной индукции.

В работе предлагается метод, основанный на численном использовании намагничивающей мощности СТ, паспортных данных ($i_0, \%, P_{x.x}, B_m, S_{ном}, кВА$), k_f - коэффициента формы кривой намагничивания [6] и условия постоянства намагничивающей мощности Q_x в СТ.

Известным методом определяем величины полной намагничивающей мощности $Q_x (ВА)$ и фазного тока холостого хода $I_{оф} (А)$.

Для оценки потерь в стали СТ напряжением от 6 до 110 кВ при несинусоидальной периодической индукции, имеющей за период один минимум и один максимум сделаны, следующие допущения.

1) Вводится понятие «эквивалентная частота» f_3 при отсутствии постоянной составляющей индукции $B_0 = 0,5 \cdot (B_{max} + B_{min})$. Это такая частота, при которой синусоидально меняющаяся индукция имеет такую же амплитуду, как и максимальная реальная индукция B_{max} .

2) Потери на вихревые токи пропорциональны квадрату действующего напряжения U_0^2 , индуктированного в обмотке.

Таким образом, используя вышеуказанные допущения, по известным паспортным данным СТ ($f_c, \Gamma\Omega, P_{xx}, B_m$) при синусоидально изменяющейся индукции и частоте питающей сети $f_3 = 50 \Gamma\Omega$, а также $K_{\phi(u)}$ - коэффициенте формы кривой реального (не приведенного) напряжения, $K_{\phi,син}$ - коэффициенте формы для синусоидального напряжения и α - показателе степени, учитывающем зависимость потерь от частоты, предлагается формула расчета потерь в стали:

$$P_{cm} = P_{xx} \cdot \left(\frac{K_{\phi(u)}}{1,11} \right)^{2(\alpha-1)}, \quad (5)$$

где $K_{\phi,син} = \pi/2\sqrt{2} = 1,11$ по [4];

$\alpha = 1,56$ по [4];

$K_{\phi(u)}$ - коэффициент формы кривой реального напряжения определяется отношением:

$$K_{\phi(u)} = K_u \cdot K_{\phi,син}, \quad (6)$$

где K_u - коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.

Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения по ГОСТ 13109 при классах напряжения 6,10,35 и 110 кВ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в относительных единицах

Нормально допустимое значение при $U_{ном}$, кВ			Предельно допустимое значение при $U_{ном}$, кВ		
6-10	35	110	6-10	35	110
1,17	1,15	1,13	1,20	1,18	1,14

Поэтому последовательность расчета потерь в стали при несинусоидальности индукции P_{cm} формулы (5 и 6), активной и реактивной (основной, 1-й гармоники и с учетом всего гармонического спектра) составляющей тока холостого хода СТ (А), реактивной составляющей намагничивающей мощности СТ, вызванной основной, 1-й гармоникой и полным гармоническим составом тока холостого хода, мощности искажения (ВАр), а также остальные величины будет выполняться при нормально допустимом и предельно допустимом отклонениях синусоидальности кривой напряжения.

Величина активной составляющей тока холостого хода фазы СТ (А) определяется по соотношению:

$$I_{0\phi A} = \frac{P_{cm}}{m_1 \cdot U_\phi} \quad (7)$$

Действующее значение основной гармоники реактивной составляющей намагничивающего тока, соответственно, (А):

$$I_{0\phi r} = \sqrt{I_{0\phi}^2 - I_{0\phi A}^2} \quad (8)$$

Амплитудное значение реактивной составляющей несинусоидального намагничивающего тока (А) определяется по формуле:

$$i_{0\phi r} = I_{0\phi r} \cdot k_f, \quad (9)$$

где k_f – коэффициент кривой тока намагничивания по [6].

При изготовлении магнитных систем СТ применяются в основном рулонные тонколистовые анизотропные холоднокатанные электротехнические стали марок 3404-3408 толщиной 0,27; 0,30 и 0,35 мм, поэтому в соответствии с разъяснениями представленными в [6], для СТ с сердечниками, изготовленными из холоднокатанной стали, принимаем $k_f = 2,1$.

Величина реактивной намагничивающей мощности СТ (ВАр) от действия основной гармоники реактивного намагничивающего тока:

$$Q_{x.p} = \sqrt{Q_x^2 - P_{cm}^2} \quad (10)$$

Величина реактивной намагничивающей мощности СТ (ВАр) от действия несинусоидального реактивного намагничивающего тока:

$$Q_\mu = m_1 \cdot U_\phi \cdot i_{0\phi r} \quad (11)$$

Искомая величина мощности искажения в СТ (ВАр) [4]:

$$T = \sqrt{Q_\mu^2 - Q_{x.p}^2} \quad (12)$$

Суточные потери энергии искажения в СТ (ВАр·ч):

$$\Delta W_T^{(T)} = T \cdot T_p, \quad (13)$$

где $T_p = 24ч$ – время работы оборудования на протяжении расчетного периода, в часах.

Величина затрачиваемой в течение суток потерь активной энергии в стали СТ (Вт·ч):

$$\Delta W_T^{(P)} = P_{cm} \cdot T_p. \quad (14)$$

Величина потерь активной энергии холостого хода в стали, включая потери энергии от несинусоидальности индукции (кВт·ч), выделяемые группой одинаковых по мощности СТ в течение года:

$$\Delta W_{год.групп}^{(P)} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_T^{(P)} \cdot N}{10^3} \right), \quad (15)$$

где n – количество однотипных по мощности СТ, шт.;

$N = 365$ - количество дней в году.

Величина максимума магнитной реактивной энергии, выделяемая в магнитопроводе СТ (ВАр·ч) от действия основной гармоники намагничивающего тока в течение суток:

$$W_{макс24}^{(Q_{x.p.})} = Q_{x.p} \cdot T_p. \quad (16)$$

Величина максимума магнитной реактивной энергии, выделяемая в магнитопроводе СТ (ВАр·ч) от действия несинусоидального намагничивающего тока в течение суток:

$$W_{макс24}^{(Q_\mu)} = Q_\mu \cdot T_p. \quad (17)$$

Величина максимума реактивной магнитной энергии в магнитопроводе СТ, созданная основной гармоникой намагничивающего тока и выделяемая группой однотипных по мощности СТ в течение года (кВАр·ч):

$$\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_{макс24}^{(Q_{x.p.})} \cdot N}{10^3} \right) \quad (18)$$

Величина максимума реактивной магнитной энергии в магнитопроводе СТ, созданная полным гармоническим составом тока холостого хода, выделяемая в группе одинаковых по мощности СТ в течение года (кВАр·ч):

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{\mu})} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_{\text{макс}24}^{(Q_{\mu})} \cdot N}{10^3} \right) \quad (19)$$

Ежегодная величина недоучтенной энергокомпаниями потери реактивной магнитной энергии в магнитопроводе СТ (кВАр·ч) определяется как разность:

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q)} = \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{\mu})} - \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{x.p.})} \quad (20)$$

Величина потерь энергии искажения (кВАр·ч), выделяемая группой одинаковых по мощности СТ в течение года:

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(T)} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_T^{(T)} \cdot N}{10^3} \right) \quad (21)$$

Таким образом, формула для определения суммарных годовых потерь активной энергии в группе одинаковых по мощности СТ (кВт·ч) будет состоять из суммы активных потерь энергии от токов нагрузки в обмотках и стали этих трансформаторов с учетом несинусоидальности магнитной индукции и окончательно примет вид:

$$\begin{aligned} \sum W_{\text{год.групп}}^P &= \Delta W_{\text{год.групп}}^{(P_{k.z.})} + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} = \\ &= \frac{n \cdot N}{10^3} \cdot [P_{k.z.} \cdot k_3^2 \cdot k_{\phi}^2 \cdot T_P + \Delta W_T^{(P)}] \end{aligned} \quad (22)$$

Аналогичным образом формула для определения суммарных годовых потерь реактивной энергии, выделяемой группой одинаковых по мощности СТ (кВАр·ч), будет состоять из суммы потерь реактивной энергии в обмотках вызванных током нагрузки и в стали этих

трансформаторов с учетом всего спектра гармоник намагничивающего тока:

$$\begin{aligned} \sum W_{\text{год.групп}}^Q &= \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{k.z.})} + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{\mu})} = \\ &= \frac{n \cdot N}{10^3} \cdot \left[S_{\mu} \cdot \frac{U_{k.z.}}{100} \cdot k_3^2 \cdot k_{\phi}^2 \cdot T_P + \Delta W_{\text{макс}24}^{(Q_{\mu})} \right] \end{aligned} \quad (23)$$

В качестве примера были проведены расчеты потерь в стали магнитопровода при несинусоидальности индукции, намагничивающей мощности энергии, мощности искажения и энергии, выделяемой в СТ типа ТДТН-25000/110/35/10 кВ при следующих паспортных данных: $S_{\text{ном}} = 25000 \text{ кВА}$; номинальные напряжения обмоток: $U_{BH} 110000 (ПН \pm 9 \times 1,78\% B)$; $U_{CH} 38500 (ЛБВ \pm 2 \times 2,5\% B)$; $U_{HH} 11000 B$. Схема и группа соединения $Y / Y_0 / D - 0 - 11$. Параметры трансформатора: напряжение короткого замыкания обмоток: $U_{k(B-C)} = 10,5\%$; $U_{k(B-H)} = 17,5\%$; $U_{k(C-H)} = 6,5\%$. Потери короткого замыкания $P_k = 140000 \text{ Вт}$; потери холостого хода $P_{xx} = 31000 \text{ Вт}$; ток холостого хода $i_0 = 0,7\%$. Количество установленных СТ – 2 шт.

Результаты исследований. Расчеты позволяют сделать вывод о том, что активная составляющая тока холостого хода $I_{x.x.a.}\%$ и годовая величина потерь активной энергии в стали СТ, включая потери от несинусоидальности индукции, возрастают с увеличением ее искажения в 1,15-1,16 раза, в сравнении с величиной тока и потерями в стали этих же трансформаторов без учета потерь, вызванных несинусоидальностью индукции.

Аналогичным образом проведены расчеты по определению намагничивающей мощности, годичной величины потерь активной энергии в стали трансформаторов без учета несинусоидальности индукции и при учете несинусоидальности индукции в СТ напряжением 10(6)/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ распределительных электрических сетей Луганского региона [7], а также годичной величины энергии искажения, выделяемой этими СТ, сведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Результаты расчета годовых потерь активной энергии в стали СТ-6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10 (6) кВ без учета несинусоидальности индукции

№ пп	Расчетные параметры	Расчеты без учета несинусоидальности индукции для СТ с сочетанием напряжения обмоток, кВ			
		6/0,4 кВ	10/0,4 кВ	35/10(6) кВ	110/10(6) кВ и 110/35/10(6)
1.	Суммарная номинальная мощность СТ $\sum S_{\text{ном}}$, кВА	1618238	1354130,50	2475060	6300900
2.	Годичные потери активной энергии в стали СТ $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)}$, МВт·час	46360,37	38120,15	33942,37	62959,00

Таблица 3

Результаты расчета годичных потерь активной энергии в стали СТ-6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10 (6) кВ при учете несинусоидальности индукции, максимальной реактивной энергии и энергии искажения, вызванных основной гармоникой и полным гармоническим спектром амплитуды тока холостого хода

№ пп	Расчетные параметры	Расчет при учете несинусоидальности индукции для СТ с сочетанием напряжений обмоток							
		6/0,4 кВ		10/0,4 кВ		35/10(6) кВ		110/10(6) кВ и 110/35/10(6)	
		$K_u = 1,17$	$K_u = 1,20$	$K_u = 1,17$	$K_u = 1,20$	$K_u = 1,15$	$K_u = 1,18$	$K_u = 1,13$	$K_u = 1,14$
1.	$\sum S_{\text{ном}}, \text{кВА}$	1618238		1354130,50		2475060		6300900	
2.	$\Delta W_{\text{год.группы}}^{(P)}$ МВт · час	55273,26	56863,02	45448,83	46756,02	39693,90	40855,45	72194,76	72910,69
3.	$\Delta W_{\text{год.группы}}^{(Q_{X.P})}$ МВАр · час	435986,72	435763,04	350843,88	350648,88	195547,26	195271,16	378826,71	378686,83
4.	$\Delta W_{\text{год.группы}}^{(Q_u)}$ МВАр · час	915572,11	915102,38	736772,15	736362,65	410649,24	410069,44	795536,09	795242,34
5.	$\Delta W_{\text{год.группы}}^{(T)}$ МВАр · час	805101,15	804688,10	647874,81	647514,72	361101,19	360591,34	699548,43	699290,11
6.	$\Delta W_{\text{год.группы}}^{(Q)}$ МВАр · час	479585,39	479339,34	385928,27	385713,77	215101,98	214798,28	416709,38	416555,51

Обобщающий анализ расчетов, проведенных по табл. 2 и 3, позволяет сделать заключения о том, что превышения величины годичных потерь активной энергии в стали СТ и активной составляющей тока холостого хода при учете несинусоидальности индукции над потерями без учета несинусоидальности индукции составляют:

-для СТ напряжением 10(6)/0,4 кВ при нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения – в 1,19 раза, при предельно допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения в 1,23 раза;

-для СТ напряжением 35/10(6) кВ при нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения – в 1,17 раза, при предельно допустимом искажении в – 1,20 раза;

-для СТ напряжением 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ при нормально допустимом искажении синусоидальности кривой напряжения – в 1,15 раза, при предельно допустимом искажении – в 1,16 раза.

Годичная величина максимума реактивной энергии, созданная полным спектром гармоник амплитуды тока холостого хода в двухобмоточных СТ напряжением 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ с группой соединения обмоток $Y/\Delta - 11$, а также в трехобмоточных СТ напряжением 110/35/10(6) кВ с

группой соединения обмоток по схеме $Y_n / Y_n / \Delta - 0 - 11$ и $Y_n / \Delta / \Delta - 11 - 11$, превышает годичную величину намагничивающей реактивной энергии, созданную основной гармоникой тока холостого хода, – в 2,1 раза и учитывает потери реактивной электроэнергии от замыкающегося во вторичной обмотке, соединенной в треугольник, циркуляционного тока, образованного гармониками кратными трем, который вследствие преобладания индуктивного сопротивления принимает практически индуктивный характер.

Кроме этого, годичная величина потерь энергии искажения в СТ с сочетанием напряжений 6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ превышает годичную величину намагничивающей реактивной энергии, созданную основной гармоникой тока холостого хода, в 1,85 раза при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях напряжения в РЭС.

Выводы. 1. Предложена методика расчета, позволяющая определить потери активной энергии в стали СТ с сочетанием напряжений 6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ при учете потерь от несинусоидальности индукции, максимальную реактивную энергию магнитного поля, затрачиваемую на намагничивание СТ, созданную первой гармоникой реактивной

составляющей тока холостого хода и полным спектром гармоник намагничивающего тока, энергию искажения, вызванной различием форм гармонического состава у тока и напряжения, а также суммарные годовые потери активной и реактивной энергии, вызванные этими составляющими.

2. Для уменьшения потерь активной энергии в стали СТ, учитывая потери от несинусоидальности индукции, целесообразно при их изготовлении использовать сорта холоднокатаной, анизотропной электротехнической стали толщиной не менее 0,27 мм, с низким уровнем удельных потерь (0,85 Вт/кг при индукции 1,7 Тл) и коэффициентом формы кривой тока намагничивания, не превышающем $k_f = 1,6 \div 1,7$ [6].

3. Рекомендуется применять рекристаллизационный отжиг пластин трансформаторных сталей, который позволяет существенно снизить реактивную составляющую тока холостого хода и тем самым уменьшить потери энергии, затрачиваемой на намагничивание СТ, и энергии искажения в формах гармонического состава тока и напряжения.

4. Для существующих СТ в распределительных и магистральных электрических сетях необходима разработка методов подавления высших гармоник без внесения изменений в их конструкцию.

Л и т е р а т у р а

1. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-54:2011. Визначення технологичних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання.- К.: © Міненергouglyа, 2012.-56 с.;

2. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. 3-е изд., перераб.-Л.: Энергия, 1978. – 832 с.;

3. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: Учеб. пособие для вузов. 5-е изд., перераб. и доп.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 582 с.;

4. Лейтес Л.В. Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов. – М.: Энергия, 1981.–392 с.;

5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. В трех частях. Учебник для энергетических и электротехнических вузов и факультетов. 4-е изд.,– М.: Высшая школа, 1964.-749 с.;

6. Артемьев Д.Е. Статистические основы выбора изоляции линий электропередачи высших классов напряжения/ Д.Е. Артемьев, Н.Н. Тиходеев, С.С. Шур.-М.-Л.: Энергия, 1965, 376 с.;

7. www.en.lg.ua/home/power дата обращения 27.02.2017 года.

R e f e r e n c e s

1. SOU-N ITS 40.1-37471933-54 2011. Determination of technological power consumption in transformers and power lines. - K.: Minenergouglyа, 2012.–56 p.;

2. Voldek A.I. Electrical machines. Textbook for student's higher technically educational institute. 3-rd pub., rev. – L.: Energy, 1978. – 832 p.;

3. Tikhomirov P.M. Calculation of transformers: Textbook for high schools. 5 th edition, revised. And additional.– M: Ergoatomizdat, 1986. – 582 p. ;

4. Leites L.V. Electromagnetic transformers and calculations reactors. - M.: Energy, 1981. – 392 p.

5. Bessonov L.A. Theoretical bases of electrical engineering. In three parts. A textbook for energy and electrical engineering universities and faculties. 4 th ed., – M.: Higher School, 1964. – 749 p.;

6. Artemyev D.E. Statistical Structures for Choosing Isolation of Power Transmission Lines of Higher Voltage Classes / D.E. Artemyev, N.N. Tikhodeev, S.S. Shur -M. : Energy, 1965. – 376 p.;

7. www.en.lg.ua/home/power дата обращения 27.02.2017 года.

Syrtsov A.I., Polovinka D.V., Parsentiev O.S. CALCULATION OF MAGNETIC LOSSES OF ENERGY IN STEEL OF POWER TRANSFORMERS WITH THE ACCOUNT OF NON-INVISIBILITY OF MAGNETIC INDUCTION

To determine the magnetic energy losses in the steel of power transformers (PTs), the magnetizing reactive power and the energy caused by the total harmonic composition of the idle current amplitude, and the power and energy of the distortion for non-sinusoidal magnetic induction, a method based on the numerical use of the magnetizing power PTs, the shape factor of the magnetization curve and the passport data of PTs.

The calculation of annual losses of active energy in the steel of magnetic cores PTs-10 (6)/0,4 kV, 35/10 (6) kV, 110/10 (6) kV and 110/35/10 (6) kV of distribution networks (DNES) of Lugansk Region and one-year maximum of the reactive energy expended on magnetization of these transformers under normal admissible and maximum allowable distortions of induction.

A number of measures are proposed to reduce the reactive component of the no-load current, the level of energy loss spent on magnetizing these PTs.

Key words: three-phase power transformer, annual active energy losses in steel, annual maximum of reactive energy, annual energy losses of distortion, harmonic composition of no-load current.

Сырцов Анатолий Иванович, к.т.н. доцент кафедры «Электромеханика» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Syrtsov Anatoli Ivanovich, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Electromechanics», State Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk Vladimir Dahl National University».

E-mail: syrtsov.@lds.net.ua

Половинка Дмитрий Васильевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедры «Электротехнические системы электропотребления» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Polovinka Dmitri Vasilevich, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Electrotechnical Systems of Electroconsumption», State Educational Establishment of

Higher Professional Education «Lugansk Vladimir Dahl National University».

E-mail: pdv-ese@mail.ru

Парсентьев Олег Сергеевич, ассистент кафедры «Электротехнические системы электропотребления» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Parsentiev Oleg Sergeivich, a chair assistant of «Electrotechnical Systems of Electroconsumption», State

Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk Vladimir Dahl National University»

Рецензент: Яковенко Валерий Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электромеханика» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017 года

УДК 519.6+539.16.07

ВЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ В МАЛОРАКУРСНОЙ ТОМОГРАФИИ С КОДИРОВАННЫМИ АПЕРТУРАМИ

Плахотник В.Ю, Кочергин А.В, Махортова Н.В.

FAN-BEAM GEOMETRY IN THE FEW-ANGLE TOMOGRAPHY WITH CODED APERTURES

Plakhotnik V.J, Kochergin A.V, Makhortova N.V.

В статье изучены особенности геометрии получения проекционных данных от самоизлучающих объектов с помощью системы визуализации γ -излучения с кодированной апертурой (СВКА). Установлен факт верной геометрии при наблюдении проекций с помощью СВКА, предложен метод преобразования координат, приводящий к системе параллельных лучей. Метод максимума энтропии модифицирован к верной геометрии, что обеспечивает его применение при произвольной геометрии получения проекционных данных с помощью СВКА.

Ключевые слова: кодированные апертуры, максимум энтропии, малоракурсная томография, верная геометрия.

Задачи дистанционного экологического радиационного мониторинга и контроля ядерно-технических объектов предполагают необходимость двух и трехмерной локализации источников гамма-излучения в поле зрения. В данной статье представлены некоторые аспекты применения систем визуализации γ -излучения с кодированной апертурой (СВКА) для контроля объемных гамма-излучающих объектов.

СВКА предназначена для получения изображения распределения источников γ -излучения в поле зрения системы. Принцип работы СВКА основан на пространственном кодировании положения источника излучения с помощью кодирующей маски, состоящей из массива элементов, прозрачных для гамма-излучения и поглощающих его. Маска устанавливается между областью источников и позиционно-чувствительной детектирующей плоскостью (ПЧД) так, что любой источник излучения в поле зрения, проецирует тень маски на детектирующую плоскость. Элементы маски распределены в соответствии с тщательно выбранным математическим алгоритмом так, что тень маски, проецируемая источником в любой позиции в поле зрения, уникальна [1]. Проекция

имеет то же самое кодирование, что и маска, но сдвинута в соответствии с направлением на источник фотонов. Информация о позиции источника кодируется сдвигом тенеграммы, а интенсивность источника – мощностью тенеграммы. Следовательно, записанная тень может быть использована для восстановления положения и интенсивности источника.

Основным преимуществом систем визуализации с кодированными апертурами является тот факт, что при наблюдении реализуется мультиплексный принцип измерения, обеспечивающий высокую чувствительность системы и сокращение времени измерений с заданной точностью по сравнению с традиционными сканирующими приборами. Кроме того, СВКА обеспечивает возможность восстановления трехмерной структуры самоизлучающего объекта – томографическую визуализацию. Для восстановления трехмерного пространственного распределения источников излучения можно использовать томографические свойства кодированных апертур [2,7] и метод фокусных плоскостей [3,4]. Однако метод фокусных плоскостей может обеспечить удовлетворительное разрешение по глубине только в геометрии сильно расходящихся лучей (в ближнем поле зрения). В случае слабо расходящихся лучей метод фокусных плоскостей может предоставить только грубую томографическую оценку трехмерной структуры источников излучения.

Альтернативой методу фокусных плоскостей может служить метод, объединяющий визуализацию γ -излучения с помощью кодированных апертур, и методы малоракурсной томографии [5]. Однако разработанный ранее метод успешно работает в условиях слабо расходящихся лучей, когда расхождением можно пренебречь.

Цель работы – разработка методов малоракурсной томографии для восстановления

внутренней структуры излучающих объектов по результатам наблюдений с помощью систем визуализации γ -излучения с кодированными апертурами в условиях произвольной геометрии.

Принцип регистрации тенеграммы показан на рис. 1. Каждый из источников γ -излучения в поле зрения системы проецирует на ПЧД часть кодирующей маски, определяемую положением источника. Направления на источник излучения

показаны стрелками. Отметим, что на рис. 1 показано пространственное кодирование положения источника при работе СВКА в ближнем поле, в расходящихся лучах. При работе в параллельных лучах принцип кодирования не изменяется, соотношение размеров элемента маски и элементарного детектора ПЧД определяются из соотношений геометрической оптики [6, 7].

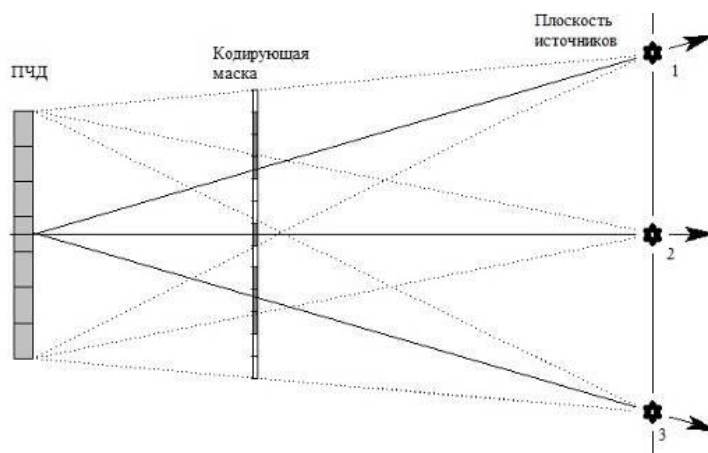


Рис. 1. Принцип регистрации тенеграммы

Таким образом, полученное в результате декодирования изображение поля зрения представляет собой распределение источников по направлениям относительно оси системы. Очевидно также, что при визуализации γ -излучения с

помощью кодированных апертур мы имеем верную геометрию получения данных. Вследствие этого координатная сетка в области интереса будет иметь вид, показанный на рис. 2.

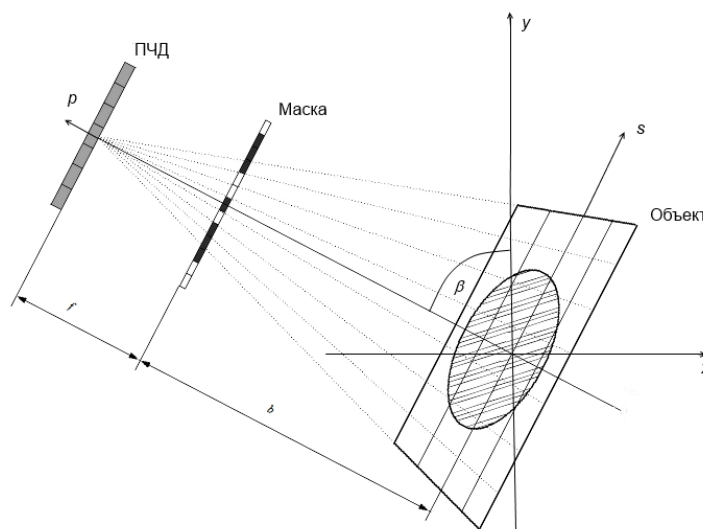


Рис. 2. Координатная сетка и системы координат в области интереса (объект)

Для восстановления трехмерной структуры самоизлучающего объекта выбран метод максимума энтропии (МЭ), обладающий рядом преимуществ перед другими методами реконструктивной томографии, т.к. в его основе лежит статистический подход, и он наиболее эффективен в случае обработки больших массивов данных. По своей

природе этот метод предназначен для реконструкции неотрицательных изображений [8]. Практические преимущества метода МЭ заключаются также в том, что он обеспечивает хорошие результаты при реконструкции сложных объектов с высокими градиентами, при ограничении числа проекций и проекционных углов, гарантирует

небольшой уровень артефактов при высокой зашумленности проекционных данных, и требует меньше вычислительных затрат по сравнению с другими итерационными методами реконструкции [9]. Такие свойства метода МЭ определяют его выбор для восстановления томографических изображений по проекционным данным, получаемым с помощью СВКА.

Приведенная ранее [5] методика восстановления томографических изображений требует некоторого изменения в условиях веерной геометрии. Основой усовершенствования является веерное преобразование координат [10], приводящее веерную систему лучей в координатах (x, y) в систему параллельных лучей.

При получении проекционных данных СВКА выполняет повороты на определенные углы. Система координат (s, p) повернута относительно лабораторной системы (x, y) на угол β (рис.2). В этой системе введем веерную систему координат (u, v) :

$$u = \frac{s}{1 - \frac{p}{D}}, \quad (1)$$

$$v = p.$$

Здесь D – расстояние от центра поворота до исходной точки веера, которая находится в центре ПЧД. Это расстояние определяется геометрическими параметрами СВКА:

$$D = f + b, \quad (2)$$

где f – расстояние между ПЧД и кодирующей маской, b – расстояние до фокусной плоскости.

В веерной системе координат луч веера задается условием $u = \text{const}$. Заметим, что исходное распределение источников $g(x, y)$ будет деформировано, причем деформация исходного распределения будет зависеть от угла β поворота СВКА при получении проекционных данных, т.е. от ракурса. На рис. 3 показана деформация распределения (объекта) в зависимости от угла наблюдения.

В случае, когда характерный размер a области интереса (объекта) значительно меньше, чем расстояние D от центра вращения до исходной точки веера ($a/D \ll 1$), деформация объекта практически отсутствует. Это видно из рис. 3 г. Очевидно, что геометрия $a/D \ll 1$ соответствует геометрии слабо расходящихся лучей, и в этом случае веерное преобразование не является необходимым для применения метода МЭ при восстановлении томографических изображений по результатам измерений с помощью СВКА.

Обратное преобразование координат с учетом преобразования $(x, y) \rightarrow (s, p)$ при повороте имеет следующий вид:

$$x = x(u, v) = u \left(1 - \frac{v}{D}\right) \cos \beta - v \sin \beta, \quad (3)$$

$$y = y(u, v) = u \left(1 - \frac{v}{D}\right) \sin \beta + v \cos \beta.$$

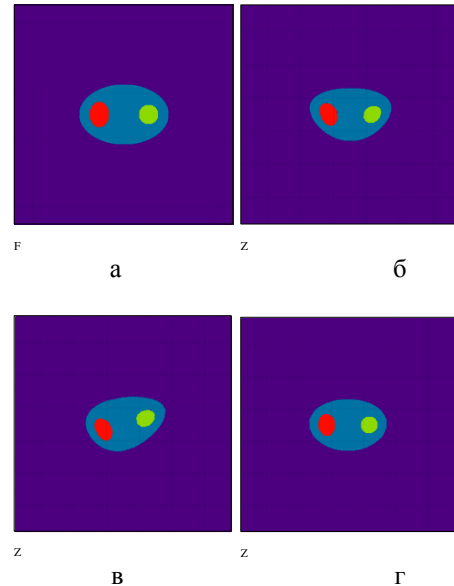


Рис. 3. Деформация распределения источников при веерном преобразовании координат: а - исходное распределение; б - угол поворота $\beta = 0^\circ$; в - угол поворота $\beta = 15^\circ$; г - $\beta = 0^\circ$, $a/D \ll 1$

Веерная проекция вдоль луча сводится к интегрированию в веерной системе координат:

$$f_j(u) = \int dv \left(1 - \frac{v}{D}\right) g(x_j(u, v), y_j(u, v)). \quad (4)$$

Здесь j – индекс ракурса.

Функционал энтропии, подлежащий максимизации в методе МЭ, в случае веерной геометрии запишется в виде:

$$\Psi(g, \Lambda) = \psi - \sum_j^K du \Lambda_j(u) \left[f_j(u) - \int dv \left(1 - \frac{v}{D}\right) g(x_j, y_j) \right]. \quad (5)$$

где K – число ракурсов наблюдения, Λ – множители Лагранжа. Решение вариационной задачи, как и в случае параллельной геометрии, приводит к выражению

$$g(x, y) = \frac{1}{A} \exp \left[-1 + \sum_j^K \Lambda_j(x, y) \right] = \frac{1}{A} \prod_j^K H_j(u(x, y)) \quad (6)$$

где A – площадь объекта, а множители H_j , как и в случае параллельной геометрии, имеют вид:

$$H_j(u) = \exp\left[\Lambda_j(u) - \frac{1}{K}\right]. \quad (7)$$

Подставляя выражение (6) для искомой функции $g(x,y)$ в мультипликативном виде в выражение для проекции (4), получим:

$$f_j(u) = \frac{H_j(u)}{A} \int dv \left(1 - \frac{v}{D}\right) \prod_{k \neq j}^K H_k(u_{kj}(u,v)). \quad (8)$$

Здесь введено обозначение для j -го луча в k -ом ракурсе

$$u_{kj}(u,v) = u_k(x_j(u,v), y_j(u,v)). \quad (9)$$

Решение системы (8) методом итераций Гаусса-Зайделя позволяет найти компоненты решения:

$$H_j^{i+1}(u) = \frac{Af_j(u)}{\int dv \left(1 - \frac{v}{D}\right) \prod_{k \neq j}^K H_k(u_{kj}(u,v))}. \quad (10)$$

После получения решений (10) распределение источников в поле зрения вычисляется в соответствии с (6).

Таким образом, метод максимальной энтропии, модифицированный для условий веерной геометрии, обеспечивает восстановление внутренней структуры самоизлучающих объектов по результатам измерения проекционных данных с помощью системы визуализации γ -излучения с кодированной апертурой. Учитывая методы улучшения изображений, описанные ранее [5], можно ожидать, что применение кодированных апертур обеспечит получение высокоточных многоэлементных изображений внутренней структуры источников γ -излучения. При этом точность методов вычислительной томографии сочетается с высокой чувствительностью систем визуализации с кодированными апертурами.

Л и т е р а т у р а

1. E.E.Fenimore. Coded aperture imaging with uniformly redundant arrays./ E.E.Fenimore, T.M. Cannon. // *Applied Optics*, 198. – v.17, No.3 – p.337-347.
2. T.M. Cannon. Tomographical Imaging Using Uniformly Redundant Arrays. / T.M. Cannon, E.E. Fenimore. // *Applied Optics*, 1979. – v.18, No.7. – p.1052-1057.
3. Терещенко С.А. Методы вычислительной томографии. / Терещенко С.А. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с.
4. Плахотник В.Ю. Восстановление томографической информации в системах визуализации гамма-излучения с

кодированными апертурами. / Плахотник В.Ю. // *Искусственный интеллект*, 2011. – № 4. – С. 214 – 218.

5. Плахотник В.Ю. Кодированные апертуры и малоракурсная томография гамма-излучающих объектов. / В.Ю.Плахотник, Е.Н.Шапран. // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*, 2014. – Випуск 3 (86). – С.77-80.

6. Плахотник В.Ю. Томографические возможности систем визуализации гамма-излучения с кодированными апертурами.// Плахотник В.Ю., Поляков Г.А./ *Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць*. – Випуск №4 (69) – Дніпропетровськ, 2010. – С.79-87.

7. А.В. Кочергин. Дистанционная идентификация и радиометрия источников гамма-излучения.// Кочергин А.В., Плахотник В.Ю/ *Наукові праці ДонНТУ. Серія: "Обчислювальна техніка та автоматизація"* № 1(28)'2015 – С. 198-204.

8. Терещенко В. Ю. Введение в статистическую теорию обратных задач. / Терещенко В.Ю. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 376 с.

9. Филонин О.В. Общий курс компьютерной томографии. / Филонин О.В. – Самара, Самарский научный центр РАН, 2012. – 407 с.

10. Пикалов В.В. Обобщение теоремы о центральном сечении на задачу веерной томографии. // Пикалов В.В., Казанцев Д.И., Голубятников В.П. / *Вычислительные методы и программирование*, 2006. – Т.7 – С.180 – 184.

References

1. E.E.Fenimore. Coded aperture imaging with uniformly redundant arrays./ E.E.Fenimore, T.M. Cannon. // *Applied Optics*, 198. – v.17, No.3 – p.337-347.
2. T.M. Cannon. Tomographical Imaging Using Uniformly Redundant Arrays. / T.M. Cannon, E.E. Fenimore. // *Applied Optics*, 1979. – v.18, No.7. – p.1052-1057.
3. Tereshhenko S.A. Metody vychislitel'noj tomografii. / Tereshhenko S.A. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 s.
4. Plahotnik V.Ju. Vosstanovlenie tomograficheskoy informacii v sistemah vizualizacii gamma-izlucheniya s kodirovannymi aperturami. / Plahotnik V.Ju. // *Iskusstvennyj intellekt*, 2011. – № 4. – s. 214 – 218.
5. V.Ju.Plahotnik. Kodirovannye apertury i malorakursnaja tomografija gamma-izluchajushhih ob'ektov. / V.Ju.Plahotnik, E.N.Shapran. // *Visnik KrNU imeni Mihajla Ostrogradskogo*, 2014. – Vipusk 3 (86). – s.77-80.
6. Plahotnik V.Ju. Tomograficheskie vozmozhnosti sistem vizualizacii gamma-izlucheniya s kodirovannymi aperturami.// Plahotnik V.Ju., Poljakov G.A./ *Sistemni tehnologii. Regional'nij mizhvuzivsk'ij zbirnik naukovih prac'*. – Vipusk №4(69) – Dnipropetrovs'k, 2010. – s.79-87.
7. A.V. Kochergin. Distancionnaja identifikacija i radiometrija istochnikov gamma-izlucheniya.// Kochergin A.V., Plahotnik V.Ju/ *Naukovi prac'i DonNTU. Serija: "Obchisljuval'na tehnika ta avtomatizacija"* № 1(28)'2015 – s. 198-204.
8. Terebizh V. Ju. Vvedenie v statisticheskiju teoriju obratnyh zadach. / Terebizh V.Ju. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 376 с.
9. Filonin O.V. Obshhij kurs komp'juternoj tomografii. / Filonin O.V. – Samara, Samarskij nauchnyj centr RAN, 2012. – 407 s.
10. Pikalov V.V. Obobshhenie teoremy o central'nom sechenii na zadachu veernoj tomografii. // Pikalov V.V., Ka-

zancev D.I., Golubjatnikov V.P. / Vychislitel'nye metody i programmirovaniye, 2006. – T.7 – s.180 – 184.

Plakhotnik V.J, Kochergin A.V, Makhortova N.V.
FAN-BEAM GEOMETRY IN THE FEW-ANGLE TOMOGRAPHY WITH CODED APERTURES

The peculiarities of geometry of projection data acquisition from the self-radiating objects with aid of gamma-ray imaging system with coded aperture (GRIS) are studied in the paper. The fact of fan-beam geometry at the projection observation with aid of GRIS is stated, the method of coordinate transform resulting to parallel rays system is proposed. The maximum entropy method is modified to fan-beam geometry that provides its using at the arbitrary geometry of projection data acquisition with aid GRIS.

Key words: coded aperture, maximum entropy, few-angle tomography, fan-beam geometry.

Плаhotник В.Ю. ст.науч.сотрудник НИИ «Искра».
E-mail: wpl2005@ukr.net

Кочергин А. В. ст. преподаватель кафедры «Приборы» Луганского национального университета имени Владимира Даля
E-mail: kav_lg@mail.ru

Махортова Н.В. к.т.н., доцент кафедры «Приборы» Луганского национального университета имени Владимира Даля
E-mail: makhortova_h@mail.ru

Plakhotnik V.J. Senior Researcher of the Research Institute Iskra.
E-mail: wpl2005@ukr.net

Kochergin A.V. Senior Lecturer, Department of Instruments Volodymyr Dahl National University of Lugansk
E-mail: kav_lg@mail.ru

Makhortova N.V. associate Professor, Department of Instruments Volodymyr Dahl National University of Lugansk.
E-mail: makhortova_h@mail.ru

Рецензент: Мирошников Вадим Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Приборы» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 28.01.2017

УДК 677.017.636

АНАЛИЗ ИЗНОСА ДЕТСКИХ БРЮК ПОВСЕДНЕВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Дейнека И.Г., Гончарова Н.В.

ANALYSIS OF THE WEAR OF CHILDREN'S PANTS FOR EVERYDAY USE

Deineka I.G., Goncharova N.V.

В процессе эксплуатации швейных изделий разного назначения и ассортимента происходят изменения их свойств. Это могут быть механические повреждения, изнашивание материалов, ухудшение их гигиеничных, защитных свойств, а также эстетических показателей (изменение цвета, снижение формоустойчивости) и т.п. Особенно это касается одежды детского ассортимента повседневного назначения, к которой выдвигается значительно больше требований, чем к взрослому.

Ключевые слова: анализ износа, исследование, детские брюки, материал.

Проектирование одежды для детей, как правило, должно иметь в основе научно-обоснованный поиск оптимальных конструктивных, технологических, материаловедческих и эстетических параметров, которые позволяют создавать не только конкурентоспособные отечественные изделия, но такие, что отвечают санитарно-физиологическим нормам. Поэтому ее разработка с заданными свойствами базируется на изучении общей и избирательной классификации определенного вида, соблюдении технических требований, конструктивных решений и т.п., что обеспечит максимальную подвижность, а также защиту организма ребенка от разных влияний окружающей среды.

Проблемами проектирования современной детской одежды занимаются О.В. Ярошук, Г.П. Бескоровайная, Н.Ю. Суконцева; топографию износа одежды изучают Б.Д. Семак, А.В. Голубчикова, Д.Г. Петропавловский; вопросами улучшения износостойкости материалов занимаются И.Г. Дейнека, Н.П. Супрун, М.В. Колосниченко, и др. Но остаются нерешенными вопросы улучшения износостойкости детской одежды дошкольной возрастной группы.

Целью исследования является разработка методики для проведения анализа износа детских брюк повседневного назначения.

В работе был проведен анализ современного ассортимента детской одежды на отечественном рынке товаров и разработана методика для

обоснованного анализа топографии его износа. Было установлено, что в настоящее время для повседневной носки используются такие виды детской одежды, как брюки (реже комбинезоны), куртки с капюшоном, юбки (реже платья), а также шорты, лосины, майки, футболки и рубашки. Наиболее универсальной одеждой оказались брюки из джинсовой, плащевой (реже костюмной ткани), а также из трикотажного полотна. Итак, более тщательно проанализированы брюки, которые непосредственно используют дети каждый день, на разных стадиях эксплуатации. Кроме того, обзору подверглись изделия, которые уже пришли в непригодность в связи с их разрушением.

На основе проведенного анализа относительно условий и видов игровых развлечений детей дошкольного возраста, характерных движений, активности, количества времени, отведенного для прогулок, мест их проведения, метеорологических показателей окружающей среды, благоустройства площадок, песочниц, покрытия (асфальт, грунт, песок, керамзит), наличия горок, каруселей, деревьев и прочего, можно утверждать о возможности влияния опасных факторов бытового характера в процессе указанной деятельности.

Опасные и вредные факторы, которые влияют на детские изделия на игровых объектах, не являются агрессивными, а потому нами отнесены к группе механических. Указанные факторы в нашем случае обосновываются наличием неконтролируемой и чрезмерной нагрузки как на изделие в целом, так и на его отдельные детали (элементы), что приводит к появлению упругих, эластичных, а также пластических деформаций. Кроме этого, следует отметить, что механические факторы, которые оцениваются значениями разрывающих, раздирающих показателей и стойкостью к истиранию по плоскости, характеризуются в основном локальным влиянием на текстильный материал. Это приводит к концентрации и появлению критических

деформационных напряжений, которые обуславливают разрушение изделий в процессе их эксплуатации или преждевременное изнашивание.

Указанные гипотезы были подтверждены экспериментально при проведении исследований, связанных с топографией изнашивания детских брюк повседневного назначения. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что самая большая степень изнашивания, независимо от ассортимента текстильного материала, приходится на переднюю половинку брюк. Так, если за объект исследования взять брюки, изготовленные из 100 % хлопчатобумажной ткани (образец № 1), то, при их общей площади $S_{\text{изд.}}$ в 2772,0 см², на площадь изнашивания приходится 105,0 см² (3,8 %), но для передней половинки это равняется 70,0 см², что составляет 5,6 %. Что касается изделий, например, из трикотажного полотна (образец № 4), изготовленного из 100 % вискозных волокон, то, при суммарной площади непригодности в 283,0 см² (10,2 %), 197,0 см² (15,6 %) относится к передней половинке.

Полученные закономерности происходят и в том случае, когда для изготовления брюк используют ткань из 100 % хлопка по основе и 100 % трещеной полиэфирной (лавсановой) пряжи по утку (образец № 2). Указанные изделия имеют общую величину износа, которая равняется 156,0 см², из них 89,0 см², а именно 7,1 %, – это их передняя половинка. Но самый большой процент износа испытывают брюки, для изготовления

которых используют плащевую ткань (образец № 3) из полиамидных (капроновых) волокон. Общая площадь изнашивания изделия равняется 516 см², что составляет 18,6 %, из которых 29,3 % а это 369,0 см² относится к передним половинкам изделия (табл. 1).

Аналогичные результаты исследований были получены при проведении анализа изнашивания задних половинок брюк, среднее значение площади которых ($S_{\text{з/п}}$) равняется 1512,0 см². Так, материал образца № 1 изнашивается на 2,3 %, что составляет 35,0 см², а, например, площадь ткани образца № 2, которая непригодна для эксплуатации, равняется 67,0 см² и составляет 4,4 %. Незначительной степенью изнашивания характеризуется указанная проба, изготовленная из образца № 4, то есть трикотажного полотна, где контролирующая площадь составляет 86,0 см² и 5,7 % от общей величины ($S_{\text{з/п}} = 1512,0$ см²). А что касается капроновой ткани (образец № 3), то следует отметить наличие максимального изнашивания, величина которого равняется 147,0 см² и составляет 9,7 % (табл. 1).

Итак, полученные данные свидетельствуют о наличии зависимости стойкости изделий к процессу изнашивания, прежде всего, от волокнистого состава текстильных материалов, фаз строения, а затем опорной поверхности, толщины, вида переплетения и прочего, поскольку ранее указанные опасные факторы и их характеристики остаются постоянными.

Таблица 1

Анализ результатов изнашивания детских брюк

Общая площадь изделия ($S_{\text{изд.}}$) и его элементов ($S_{\text{п/п}}$ и $S_{\text{з/п}}$), см ²	Волокнистый состав текстильных материалов по основе (о) и утку (у) для изготовления изделий, %							
	Образец № 1 О – 100 % БВ У – 100 % БВ		Образец № 2 О – 100 % БВ У – 100 % ПЕ		Образец № 3 О – 100 % ПА У – 100 % ПА		Образец № 4 трикотажное полотно 100 % Вис	
	Площадь изнашивания $S_{\text{из}}$							
	см ²	%	см ²	%	см ²	%	см ²	%
брюки ($S_{\text{изд.}} = 2772,0$)	105,0	3,8	156,0	5,6	516,0	18,6	283,0	10,2
передняя половинка брюк ($S_{\text{п/п}} = 1260,0$)	70,0	5,6	89,0	7,1	369,0	29,3	197,0	15,6
задняя половинка брюк ($S_{\text{з/п}} = 1512,0$)	35,0	2,3	67,0	4,4	147,0	9,7	86,0	5,7
Примечание: БВ – хлопчатобумажное волокно; ПЕ – полиэфирное волокно (лавсан); ПА – полиамидное волокно (капрон); Вис – вискозное волокно								

В связи с этим изделия, изготовленные из хлопчатобумажной ткани саржевого переплетения ($R = 3/1$), при толщине 0,87 мм (образец № 1) и изделия из хлопково-лавсановой ткани также саржевого переплетения ($R = 1/3$) и толщиной 0,76 мм (образец № 2) характеризуются наименьшими значениями изнашивания, площадь которых равняется 105,0 см² и 156,0 см² соответственно. Подобный вывод можно сделать относительно изделия из трикотажного полотна толщиной в 1,0

мм и переплетением уточная гладь, общая площадь изнашивания которого равняется 283,0 см².

Как показали результаты исследований, изделия из 100 % полиамидного материала (образец № 3), в сравнении с другими, характеризуются самым большим значением изнашивания как передних, так и задних половинок брюк, общая площадь которого равняется 516,0 см², что составляет 18,6 %. Полученные данные можно было бы оценить как некорректные, поскольку, как известно, полиамидные волокна относятся к

износоустойчивым. Но приведенные физико-механические характеристики основных показателей других образцов свидетельствуют о том, что выбор указанного материала специалистами для изготовления брюк повседневного назначения детям дошкольного возраста нужно считать недостаточно обоснованным. Так, при полотняном переплетении, строение ткани, которая приближается к девятой фазе, ее толщине (0,25 мм), удлинению по основе (84,4 %) и утку (50,0 %) и прочее, обуславливает существенное влияние на процесс изнашивания, особенно при контакте с абразивными поверхностями, а также многоразовой динамической нагрузке, которая очевидна.

Итак, проведенный анализ свидетельствует о том, что износоустойчивость таких изделий детского ассортимента, как брюки, зависит также от структурно-морфологических характеристик текстильного материала, который используется при этом, а потому значения его показателей и технических требований должны быть особыми, отвечающими условиям эксплуатации.

На основе полученных результатов, особенно при их обобщении, можно сделать вывод о том, что, независимо от ассортимента материалов, схема топографии износа указанных изделий одинаковая и делится на пять зон. Каждая из указанных зон как для передней, так и для задней половинок брюк обоснована наличием (или отсутствием) собственного изнашивания и его площадью. В зависимости от этого они классифицируются на такие три класса, как «безопасная зона», «опасная зона» и «критическая зона» (рис. 1).

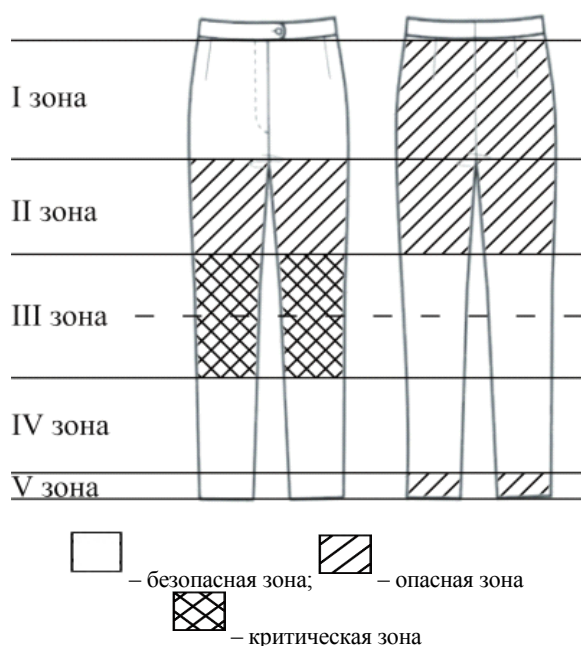


Рис. 1. Топография износа детских брюк: 1 – передняя половинка; 2 – задняя половинка

Так, если характеризовать переднюю половинку изделий, то для текстильных материалов первую, четвертую и пятую зоны в процессе эксплуатации нужно считать безопасными, однако вторая зона, а особенно третья, относятся соответственно к опасной и критической (рис. 1, 1).

А что касается задней половинки брюк, то следует отметить, что при отсутствии критической зоны их износоустойчивость оценивается данными, полученными пятью зонами, которые характеризуются как безопасные (III, IV) и опасные (I, II, V) соответственно (рис. 1).

Проведенный анализ износа детских брюк повседневного назначения свидетельствует о том, что самое большое изнашивание испытывают передние половинки брюк, величина которых зависит от возможного одновременного влияния указанных факторов и характеризуется суммарной площадью ($S_{изн}$), структура которой отличается от исходной стиранием лицевой стороны. При этом следует отметить также, что площадь изнашивания, благодаря корректности и доступности при измерении, может быть критерием оценки для данного процесса независимо от ассортимента тканей, предназначенных для изготовления детских брюк.

Литература

1. Ярошук О.В. Комплексная оценка уровня качества текстильных материалов для детской одежды / О.В. Ярошук // Вестник ВНУ им. В.Даля. – 2011. – № 1 (155), Ч. 1. – С. 266-273.
2. Бескоровайная Г.П. Проектирование детской одежды: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.П. Бескоровайная, С.В. Куренова; под ред. Г.П. Бескоровайной -[2-е изд., стер.]. – М.: «Академия»: Мастерство, 2002. – 96 с.
3. Суконцева Н.Ю. Исследование и разработка технологии комплексного проектирования одежды для школьников: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / Суконцева Наталья Юрьевна; Южно-российский государственный университет экономики и сервиса. – Ш., 2003. – 18 с.
4. Голубчикова А.В. Разработка методики проектирования эргономичной одежды для травматических больных: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / Голубчикова Анастасия Валентиновна; Рос. заоч. ин-т. текстил. и лег. пром-сти. – М., 2005. – 16 с.
5. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства: учеб. пособие для вузов / [Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова, Д.Г. Петропавловский и др.] – [4-е изд., перераб. и доп.] – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 432 с.
6. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова; под ред. Б.А. Бузова. – М.: «Академия», 2004. – 448 с.

7. Семенченко Г.В. Свойства текстильных изделий: учеб. пособие для студ. дневной и заочной формы обучения / Г.В. Семенченко. – Димитровград: ДИТУД УлГТУ, 2009. – 42 с.

References

1. Yaroshchuk O.V. Comprehensive assessment of the quality level of textile materials for children's clothing / O.V. Yaroshchuk // Bulletin of the VNU. V.Dal. - 2011. - No. 1 (155), P. 1. - P. 266-273.

2. Beskorovainaya G.P. Designing of children's clothes: training. Allowance for stud. Supreme. Training. Institutions / G.P. Beskorovainnaya, S.V. Kurenova; Ed. G.P. Beskorovaynoy. - [2 nd ed., Sr.] - М.: "Academy": Mastery, 2002. - 96 p.

3. Sukontseva N.Yu. Research and development of technology for the integrated design of clothing for schoolchildren: author's abstract. Dis. To the soot. Sci. Degree of Cand. Tech. Sciences: spec. 05.19.04 "Technology of garments" / Sukontseva Natalia Yurievna; South-Russian State University of Economics and Service. - Sh., 2003. - 18 p.

4. Golubchikova A.V. Development of a technique for designing ergonomic clothes for traumatic patients: author's abstract. Dis. To the soot. Sci. Degree of Cand. Tech. Sciences: spec. 05.19.04 "Technology of garments" / Anastasia Valentinovna Golubchikova; Ros. Zaçach. In-t. Textiles. And lay down. Prom-sti. - М., 2005. - 16 p.

5. Laboratory practical work on the material science of sewing production: Textbook. Manual for universities/ [B.A. Buzov, ND Alymenkova, D.G. Petropavlovskii, etc.] - [4 th ed., Pererab. And additional.] - М.: Legprombytizdat, 1991.- 432p.

6. Buzov B.A. Material science in the production of light industry products (sewing production): a textbook for stud. Supreme. Training. Institutions / B.A. Buzov, ND Alymenkova; Ed. BA Buzova. - Moscow: "Academy", 2004. - 448 p.

7. Semenchenko G.V. Properties of Textile Products: Textbook. Allowance for stud. Day and part-time forms of training / G.V. Semenchenko. - Dimitrovgrad: DITUD UISTU, 2009. - 42 p.

Deineka I.G., Goncharova N.V.

ANALYSIS OF THE WEAR OF CHILDREN'S PANTS FOR EVERYDAY USE

During the operation of garments of different purposes and assortments, their properties change. This can be mechanical damage, wear of materials, deterioration of their hygienic, protective properties, as well as aesthetic indicators (color change, reduced form stability), etc. Especially it concerns clothes of children's assortment of everyday use, to which much more requirements are put forward, than to the adult.

Key words: Analysis of wear, research, children's pants, material.

Дейнека Иннеса Григорьевна проф., д.т.н., зав. кафедрой легкой и пищевой промышленности, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: igdeineka@yandex.ru.

Гончарова Наталья Владимировна магистр второго года обучения, гр. ММ-851м ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Deineka Innesa Grigoryevna prof., Doctor of Technical Sciences, Head. Chair of Light and Food Industry, GOU VPO LNR "Lugansk National University. V. Dahl.

Goncharova Natalia Vladimirovna Master of the second year of study, gr. ММ-851м, GOU VPO LNR "Lugansk National University. V. Dahl. "

E-mail: igdeineka@yandex.ru.

Рецензент: Витренко В.А. проф., д.т.н, проректор по научной работе ГОУ ВПО «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.04.2017

УДК 621.63:625.282

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ПИТАНИЯ АСИНХРОННЫХ МОТОР ВЕНТИЛЯТОРОВ С ЭКРАНИРОВАННЫМИ КОРОТКОЗАМЫКАЮЩИМИ КОЛЬЦАМИ В ОБМОТКЕ РОТОРА ОТ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ АВАРИЙНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ И ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ ТРОГАНИЯ ТЕПЛОВОЗА

Захарчук И.А., Захарчук А.С.

ANALYSIS OF POWER SUPPLY MODES OF ASYNCHRONOUS MOTOR FAN WITH SHIELDED SHORT-RINGS IN THE ROTOR WIND FROM THE DRIVING GENERATOR UNDER THE EMERGENCY EXCITATION AND HEAVY CONDITIONS OF THRESHOLD TROUBLESHOOTING

Zaharchuk I.A., Zaharchuk A.S.

В статье выполнен анализ режимов питания асинхронных мотор-вентиляторов (АМВ) с экранированными короткозамыкающими кольцами в обмотке ротора от тягового синхронного генератора (ТСГ) при аварийном возбуждении ТСГ и трогании тепловоза на подъеме с тяжеловесным составом. Доказано с использованием экспериментальных данных преимущество АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами в обмотке ротора по сравнению с серийными АМВ и работоспособность системы охлаждения дизеля тепловоза при аварийном возбуждении ТСГ и тяжелых условиях трогания тепловоза.

Ключевые слова: тепловоз, асинхронный мотор вентилятор, тяговый синхронный генератор, режимы питания.

Введение. На одной секции тепловоза 2ТЭ116 установлено четыре асинхронных мотор вентилятора (АМВ) мощностью по 24 кВт, питание которых осуществляется от тягового синхронного генератора (ТСГ) (рис. 1).

Так как ТСГ питает тяговые двигатели, то условия движения поезда определяют величину напряжения и частоту тока ТСГ. АМВ запитаны от ТСГ, следовательно, напряжение питания АМВ зависит от режима движения поезда.

На рис. 2 показана конструкция опытного АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами в обмотке ротора [1, 2, 3]. На серийном АМВ экраны 9 (рис. 2) отсутствуют.

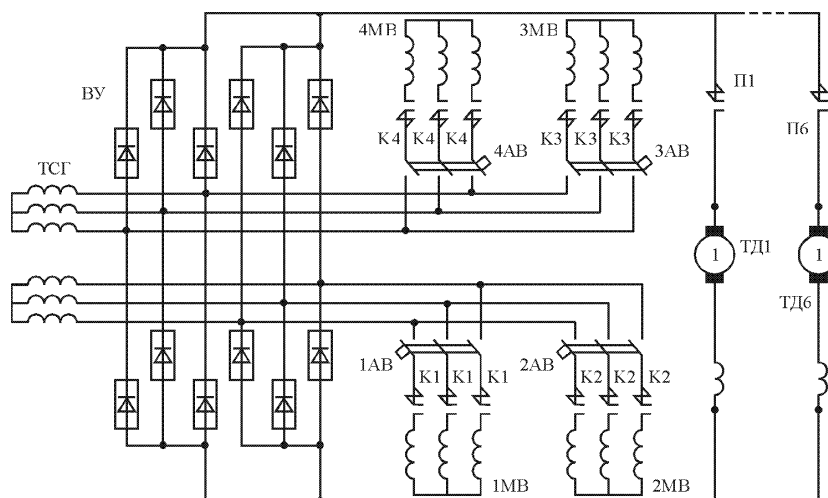


Рис. 1. Схема питания асинхронных мотор вентиляторов от тягового синхронного генератора: ТСГ тяговый синхронный генератор, ВУ тяговая выпрямительная установка, ТД1, ТД6 тяговые двигатели, П1, П6 поездные контакторы, 1МВ-4МВ асинхронные мотор вентиляторы, 1АВ-4АВ автоматические выключатели, К1-К4 контакторы управления мотор вентиляторами

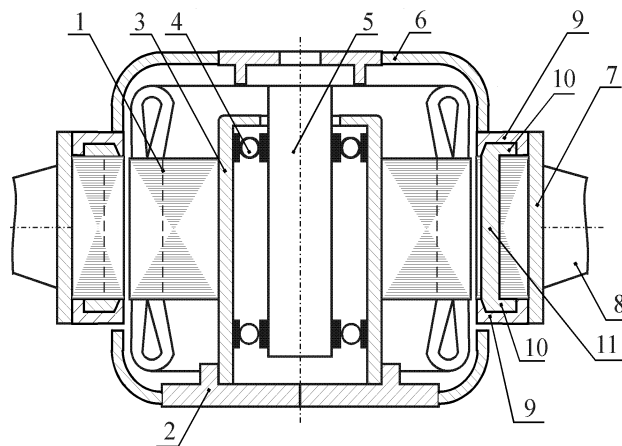


Рис. 2. Конструкция АМВ с экранированными кольцами в обмотке ротора: 1 статор, 2 основание, 3 втулка, 4 подшипник, 5 вал, 6 торцевой щит, 7 вентиляторное колесо, 8 лопасти, 9 ферромагнитные экраны, 10 короткозамыкающие кольца обмотки ротора, 11 стержни обмотки ротора

Целью работы является исследование режимов питания асинхронных мотор-вентиляторов при аварийном возбуждении тягового синхронного генератора и при тяжелых условиях трогания тепловоза на подъеме с использованием экспериментальных данных.

Изложение основных материалов. Рассмотрим режимы питания АМВ от ТСГ при аварийном возбуждении ТСГ и при тяжелых условиях трогания тепловоза. Механические характеристики $M = f(n)$ серийного АМВ типа МВ-11 с короткозамкнутой обмоткой ротора из алюминиевого сплава АК12М показаны на рис.3 (кривые 1...3, при напряжении питания

$U_1 > U_2 > U_3$). Момент сопротивления вентиляторного колеса представлен кривой 4. Режимы работы АМВ определяются точками а, б, в. Область А, лежащая выше характерного перегиба кривых (выше линии ml), – область устойчивой работы АМВ (точка а). Область Б (ниже линии ml) является областью неустойчивой работы (точка б) – АМВ работает с большим скольжением, потребляет чрезмерно большой ток, обмотка статора перегревается и АМВ может выйти из строя. Тепловые испытания показывают, что продолжительность работы АМВ в области Б должна быть не более 20 с.

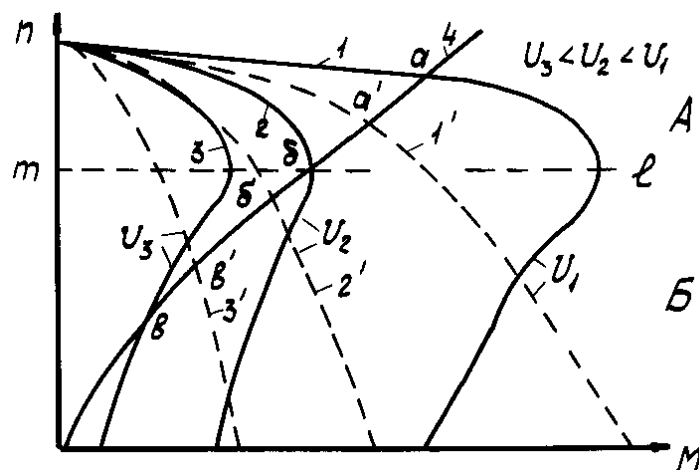


Рис. 3. Механические характеристики АМВ: 1-3 – серийного с обмоткой ротора из сплава АК12; 1'–3' – опытного АМВ с экранированными кольцами на обмотке ротора; 4 – вентиляторная характеристика

На внешних характеристиках генераторного узла (при нормальном возбуждении ТСГ и при аварийном возбуждении) на 15 позиции контроллера машиниста (рис. 4) этот режим находится ниже точек АБ (АБ – граница “опрокидывания” АМВ), т.е. на пусковых участках

внешних характеристик. Граница опрокидывания АБ определялась при стендовых испытаниях серийного МВ-11 в опытах короткого замыкания и под нагрузкой и составляет $U_{л} = 155...205$ В при $f = 100$ Гц (см. рис. 4, зона АБ).

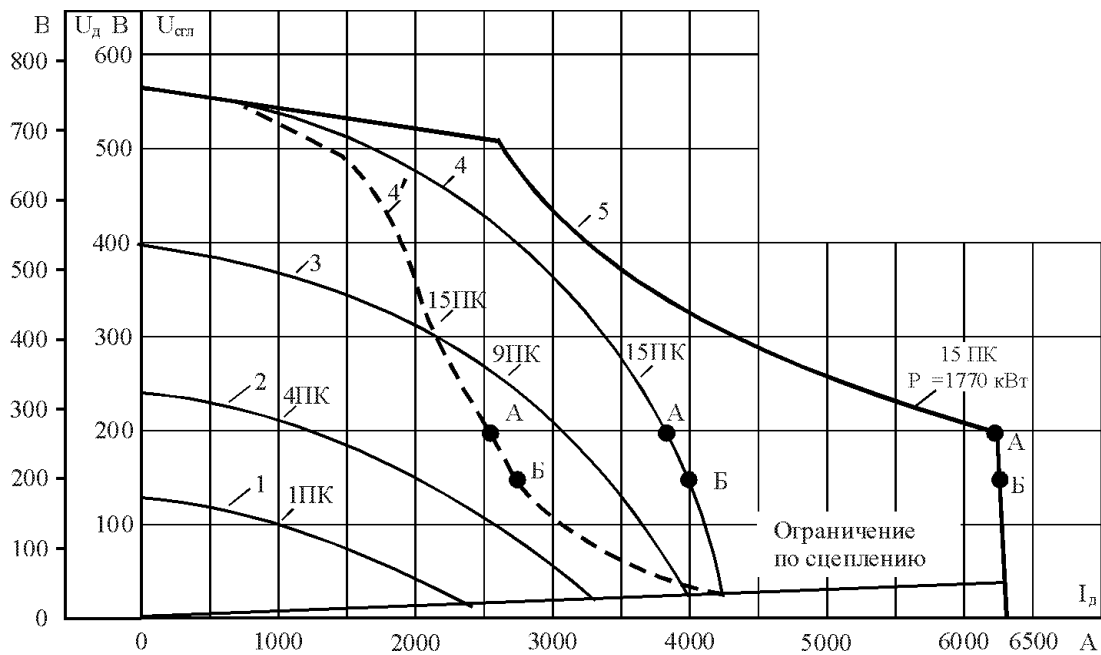


Рис. 4. Внешние характеристики тягового синхронного генератора тепловоза 2ТЭ116 при аварийном (1-4) и нормальном возбуждении (5); 4' внешняя характеристика при аварийном возбуждении и тяжелых условиях трогания тепловоза при включенных мотор вентиляторах

При испытаниях на предмет трогания тепловоза 2ТЭ116 №007 на подъеме 9‰ в реальных условиях с тяжеловесным составом 2200 т на Среднеазиатской железной дороге (депо Каган) зафиксировано время трогания при токах генераторного узла 4200...5400 А до напряжения $U_{стл} = 155...205$ В, равное 80...140 с. При нормальном возбуждении ТСГ частота f_{cr} не превышала 70 Гц (9ПК). Но во время трогания на этом подъеме при аварийном возбуждении ТСГ при токах более 4200 А необходима работа ТСГ на 15 ПК (см. рис. 4) что заставит АМВ работать в режиме “опрокидывания” длительное время (не менее 80...140 с), и возможен выход АМВ из строя. Даже при нормальном возбуждении ТСГ при этих испытаниях зафиксировано максимальное время работы АМВ с аварийным значением тока 40 с. Зафиксирована возможность многократных попыток трогания без успеха на подъеме, общая длительность которых более 40 с.

При трогании тепловоза с включенными серийными АМВ при аварийном возбуждении внешняя характеристика генераторного узла искажается (см. рис. 4); кривая 4' отличается от характеристики 4, которая получается при реостатных испытаниях при работе АМВ в нормальных режимах. Это объясняется тем, что при трогании тепловоза напряжение ТСГ $U_{стл} < 155$ В при токе ТСГ 4200 А. При этом четыре АМВ работают в аварийном режиме и потребляют чрезмерно большой ток при низком $\cos \varphi$. Из опыта короткого замыкания следует, что серийный

мотор-вентилятор при $U_{стл} = 155...205$ В потребляет ток 130...200 А при $\cos \varphi \approx 0,37$, при этом все АМВ потребляют дополнительно от ТСГ ток до 800 А с преобладанием индуктивной составляющей тока, что размагничивает генератор. Внешняя характеристика значительно искажается (кривая 4') и АМВ длительное время могут находиться в аварийном режиме и могут выйти из строя. Кроме того, при характеристике 4' существует опасность невозможности трогания тепловоза на подъеме и, как следствие, срыва графика движения на перегоне.

Необходимо изменить конструкцию АМВ таким образом, чтобы исключить в механических характеристиках 1, 2, 3 рис. 3 аварийные режимы Б при минимальных затратах на переделку.

Наиболее рациональный вариант повышения надежности охлаждения дизеля для тепловоза 2ТЭ116 – применение АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами в обмотке ротора (см. рис. 2) [1]. Такой АМВ возможно изготовить из серийного АМВ11, устанавливая ферромагнитные экраны из стали Ст3 на короткозамыкающие кольца обмотки ротора.

В механических характеристиках опытного АМВ 1'...3' рис. 3 отсутствует режим “опрокидывания”, причем пусковые свойства значительно лучше, чем серийного МВ-11, что определяется из опыта короткого замыкания (рис. 5). Точки а', б', в' на рис. 3 характеризуют устойчивый режим работы опытного АМВ при уменьшении питающего напряжения, но опытный АМВ имеет повышенное скольжение в

номинальном режиме (2,5%) по сравнению с АМВ11 (1,4%), которое плавно увеличивается со снижением напряжения питания. Отношение габаритной мощности опытного АМВ к номинальной остается в тех же пределах при питании от ТСГ, что и для серийного МВ11.

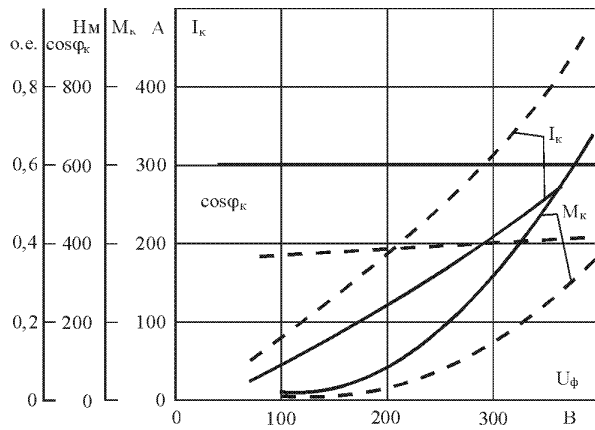


Рис. 5. Характеристики короткого замыкания опытного АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами в обмотке ротора (-) и серийного МВ-11 (---)

При питании от ТСГ в режиме трогания тепловоза с тяжеловесным составом на максимальном расчетном подъеме сразу же после аварийной вынужденной остановки возникает вопрос о снижении производительности АМВ и достаточности её для охлаждения дизеля при расчетной температуре воздуха +40°С. По

результатам экспериментальных исследований определено, что скольжение АМВ повышается до 6,7% при снижении напряжения питания до $U_{\text{д}} = 280 \text{ В}$, т.е. скольжение увеличивается на 4%, следовательно, производительность вентиляции падает на 4%. При более глубоком снижении напряжения производительность вентиляции снижается в большей степени.

Для экспериментального подтверждения работоспособности системы охлаждения дизеля при использовании АМВ с экранированными кольцами обмотки ротора и питания АМВ от ТСГ воспользуемся также результатами испытаний тепловоза 2ТЭ116 №007 при тяжёлых условиях трогания с полновесными составами на подъёме 9‰ на участке Джизак-Самарканд Среднеазиатской железной дороги.

В результате проведения ряда испытаний выявлен наиболее тяжёлый режим трогания тепловоза с грузовым составом при массе поезда 2200 тонн и температуре окружающего воздуха +30°С. На рис. 6 представлены графики изменения параметров ТСГ при трогании тепловоза в функции времени. Точка А на рис. 6 соответствует производительности АМВ, равной 0,96 от максимально возможной на данной позиции контроллера машиниста ПК. Такая производительность возможна через $\tau = 45 \text{ с}$ после начала трогания тепловоза, но и при $\tau < 45 \text{ с}$ АМВ также имеют определённую производительность, но меньшую.

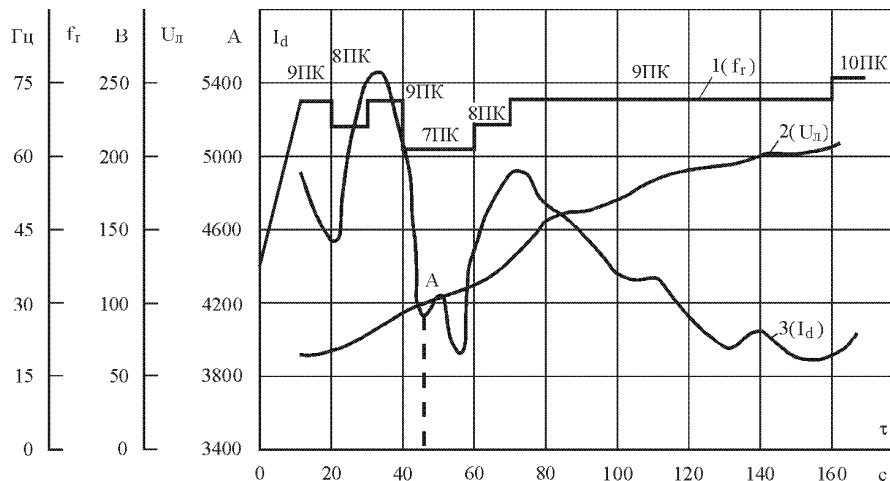


Рис. 6. Изменение частоты (1), линейного напряжения (2) тягового синхронного генератора и тока на выходе выпрямительной установки (3) при трогании тепловоза 2ТЭ116 на подъеме 9‰ с тяжеловесным составом 2200 тонн

На рис. 7 приведены экспериментальные разгонные характеристики температуры воды и масла на выходе из дизеля при набросе нагрузки на дизель при отключённых вентиляторах и полностью закрытых жалюзи охлаждающего устройства дизеля тепловоза 2ТЭ116 №307 на реостатном участке в

депо Елец. При реостатных испытаниях определялась зависимость температуры воды и масла в функции времени при резком изменении нагрузки дизеля от 0 до 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 номинальной мощности. Изменение температуры фиксировалось до предельных значений, близких к

автоматическому снятию нагрузки, которое происходит при достижении температуры воды и масла на выходе дизеля 96°C и 88°C соответственно. Разгонные характеристики определялись вычитанием из текущих температур нагрева начальных значений температур, соответствующих нулевой ПК перед набросом нагрузки. Они соответствовали 70°C для воды и 67°C для масла.

Из рис. 7 следует, что нагрев воды до аварийного сброса мощности дизеля составляет 240

с, для масла 350 с. Нагрев воды и масла при полностью отключенных АМВ и полностью закрытых жалюзи охлаждающего устройства дизеля в течение 45 сек не превышает 1°C. Следовательно, при тяжелых условиях трогания тепловоза на подъеме 9‰ и питании АМВ от ТСГ работоспособность системы охлаждения дизеля с применением АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами обмотки ротора не нарушается.

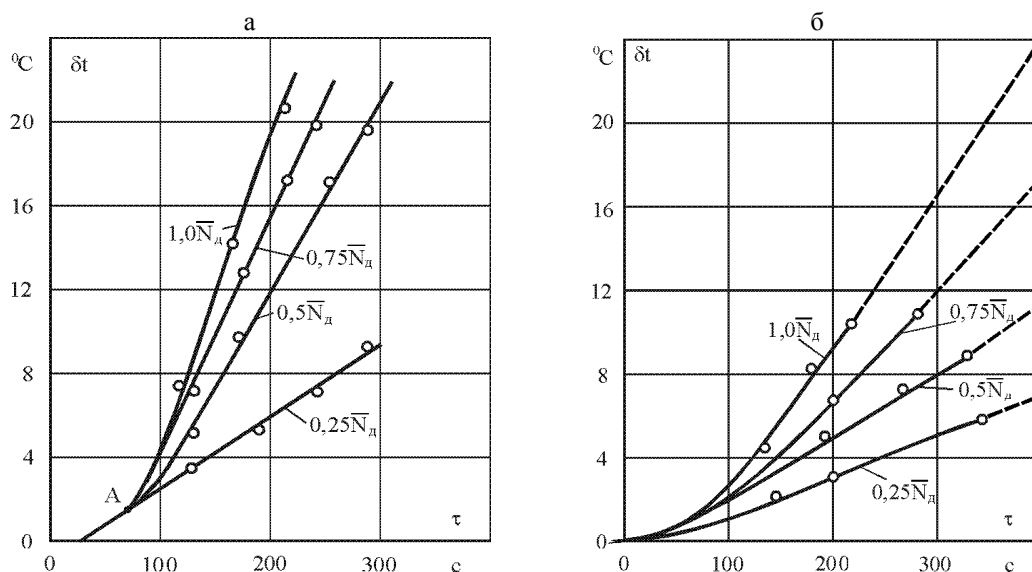


Рис. 7. Разгонные характеристики температуры воды (а) и масла (б) на выходе из дизеля при набросе нагрузки и выключенных мотор вентиляторов

Выводы. 1. При тяжелых условиях трогания тепловоза с включенными серийными АМВ при аварийном возбуждении внешняя характеристика генераторного узла искажается (см. рис. 4) и АМВ длительное время могут находиться в аварийном режиме и даже выйти из строя. Необходимо изменить конструкцию АМВ таким образом, чтобы исключить в механических характеристиках 1, 2, 3 рис. 3 аварийные режимы “опрокидывания” Б при минимальных затратах на переделку.

2. Наиболее рациональный вариант повышения надежности системы охлаждения дизеля для тепловоза 2ТЭ116 – применение АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами в обмотке ротора (см. рис. 2). Такой АМВ возможно изготовить из серийного МВ-11, устанавливая ферромагнитные экраны из стали Ст3 на короткозамыкающие кольца обмотки ротора. В механических характеристиках опытного АМВ (1'...3' рис. 3) отсутствуют режимы “опрокидывания”, причем пусковые свойства значительно лучше, чем серийного МВ11, что определяется из опыта короткого замыкания (рис. 5).

3. При тяжелых условиях трогания тепловоза на подъеме 9‰ и питании опытного АМВ от ТСГ

нагрев воды до аварийного сброса мощности дизеля составляет 240 с, для масла 350 с. Нагрев воды и масла при полностью отключенных АМВ и полностью закрытых жалюзи охлаждающего устройства дизеля в течение 45 сек не превышает 1°C. Следовательно, при тяжелых условиях трогания тепловоза на подъеме 9‰ и питании АМВ от ТСГ работоспособность системы охлаждения дизеля при применении АМВ с экранированными короткозамыкающими кольцами обмотки ротора не нарушается.

Л и т е р а т у р а

1. Пат. № 30332 Украина, МПК (2006) H02K 7/14, Асинхронный мотор–вентилятор / Захарчук І.О.; власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u 2007 11379; заявл. 15.10.2007; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4.
2. Пат. № 30333 Украина, МПК (2006) H02K 7/14, Асинхронний мотор–вентилятор / Захарчук І.О.; власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u 2007 11380 ; заявл. 15.10.2007 ; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4.
3. Igor Zacharchuk. Rational design of rotor of the asynchronous motor fan for cooling units of diesel locomotives / Igor Zacharchuk, Olexsander Zacharchuk, Igor Bukhtiyarov // TEKA/ COMMISSION OF MOTORIZATION

AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. – 2014.Vol. 14. No. 1, 339–348.

References

1. Pat. № 30332 Ukraïna, MPK (2006) H02K 7/14, Asinhronnij motor–ventiljator / Zaharchuk I.O.; vlasnik Shidnoukraïnc'kij nacional'nij universitet imeni Volodimira Dalja. – № u 2007 11379; zajavl. 15.10.2007 ; opubl. 25.02.2008, Bjul. № 4.

2. Pat. № 30332 Ukraïna, MPK (2006) H02K 7/14, Asinhronnij motor–ventiljator / Zaharchuk I.O.; vlasnik Shidnoukraïnc'kij nacional'nij universitet imeni Volodimira Dalja. – № u 2007 11380; zajavl. 15.10.2007; opubl. 25.02.2008, Bjul. № 4.

3. Igor Zacharchuk. Rational design of rotor of the asynchronous motor fan for cooling units of diesel locomotives / Igor Zacharchuk, Olexsander Zacharchuk, Igor Bukhtiyarov //TEKA/ COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. –2014.Vol. 14. No. 1, 339–348.

Zaharchuk I.A. Zaharchuk A.S.

ANALYSIS OF POWER SUPPLY MODES OF ASYNCHRONOUS MOTOR-FAN WITH SHIELDED SHORT-RINGS IN THE ROTOR WIND FROM THE DRIVING GENERATOR UNDER THE EMERGENCY EXCITATION AND HEAVY CONDITIONS OF THRESHOLD TROUBLESHOOTING

Four asynchronous motor fans are installed in the diesel cooler system on the diesel locomotive of the 2TE116 series. The traction synchronous generator supplies asynchronous motor AC fans. Under severe conditions of starting the diesel locomotive 2TE116, the external characteristic of the traction synchronous generator is distorted during emergency excitation and included serial asynchronous motor fans. The voltage of the traction synchronous generator decreases. Serial asynchronous motor fans consume fault current, operate in emergency "rollover" mode and can break. To improve the reliability of the asynchronous motor fans, it is necessary to change the motor design of the fans. It is

proposed to use asynchronous motor fans with shielded short-circuiting rings in the winding of the rotor. n such motor fans, the emergency mode of "tipping" in the mechanical characteristic is absent when the voltage is lowered. The starting properties of the fan motor are improved significantly. The external characteristic of the generator set of the locomotive is not distorted during emergency excitation and start-up of a diesel locomotive with a heavy train. The start of the diesel locomotive 2TE116 improves.

Keywords: locomotiv , asynchronous motor fan, traction synchronous generator, power supply mode.

Захарчук И.А. – к.т.н., доцент кафедры электротехнических систем электропотребления Луганского национального университета имени Владимира Даля.

E-mail: zalexsid@mail.ru

Захарчук А.С. – профессор кафедры «Электротехнические системы электропотребления» Луганского национального университета имени Владимира Даля

E-mail: zalexsid@mail.ru

Zaharchuk I.A. - associate Professor, Department of Electrical Engineering Systems of Electro-Consumption Volodymyr Dahl National University of Lugansk.

E-mail: zalexsid@mail.ru

Zacharchuk A.S. Professor, Department of Instruments Volodymyr Dahl National University of Lugansk.

E-mail: zalexsid@mail.ru

Рецензент: Яковенко Валерий Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электромеханика» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 14.04.2017

УДК 621.63:625.282

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ МОТОР-ВЕНТИЛЯТОРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ТЕПЛОВОЗЕ 2ТЭ116

Захарчук И.А.

ANALYSIS OF OPERATING MODE OF ASYNCHRONOUS MOTOR FANS ON THE LOCOMOTIVE 2TE116 IN EXPLOITATION

Zacharchuk I.A.

В статье выполнен анализ режимов работы и питания асинхронных мотор вентиляторов (АМВ) для охлаждающего устройства дизеля в эксплуатационных тяговых режимах работы тепловоза 2ТЭ116. По результатам анализа предложены значения исходных электромагнитных нагрузок для расчета электромагнитной части мотор вентиляторов, которые питаются от тягового синхронного генератора. Определены среднеэксплуатационные режимы работы и питания АМВ, что позволит реально оценивать преимущества и недостатки при модернизации существующих и создании новых электроприводов для вентиляторных установок тепловозов.

Ключевые слова: тепловоз, асинхронный мотор-вентилятор, режимы работы и питания.

Введение. На одной секции тепловоза 2ТЭ116 установлено четыре асинхронных мотор-вентилятора (АМВ) мощностью по 24 кВт, которые работают в тяжелых эксплуатационных условиях (рис.1).

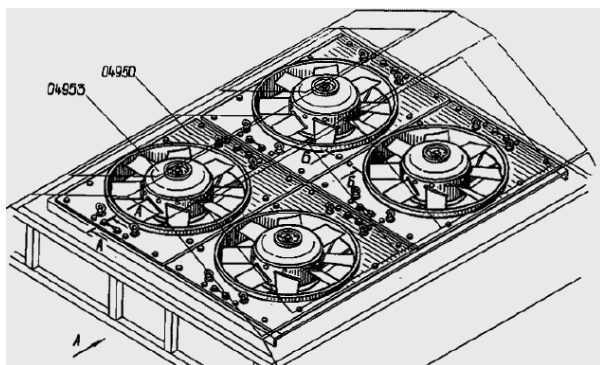


Рис. 1. Общий вид мотор вентиляторов, установленных на тепловозе

Серийный АМВ вертикального исполнения представляет собой асинхронный двигатель с внешним короткозамкнутым ротором, встроенный в ступицу осевого вентилятора. Известны

конструкции АМВ с ферромагнитными элементами в обмотке ротора для непрерывных систем регулирования температурного режима дизеля тепловоза [1–4]. Для сравнительного анализа эксплуатационных характеристик разрабатываемых электроприводов АМВ с серийным (потребляемого тока и потерь при пуске, коэффициента полезного действия в реальных эксплуатационных условиях) необходимо вначале определить режимы работы и питания АМВ в эксплуатации, так как питание АМВ осуществляется от тягового синхронного генератора, напряжение которого изменяется в широких пределах в зависимости от тяговых режимов тепловоза.

Целью работы является исследование режимов работы и питания **асинхронных мотор-вентиляторов** в реальных тяговых режимах работы тепловоза 2ТЭ116 с использованием экспериментальных данных.

Изложение основных материалов. На тепловозах 2ТЭ116 питание асинхронных мотор-вентиляторов охлаждающего устройства (АМВ ОУ) осуществляется от тягового синхронного генератора (ТСГ), нагрузкой которого также являются выпрямительная установка (ВУ) и тяговые двигатели постоянного тока (ТД). Напряжение ТСГ на каждой позиции контроллера машиниста (ПКМ) регулируется в зависимости от тока генератора согласно внешним характеристикам ТСГ (рис.2).

Ток ТСГ определяется профилем пути, весом поезда, скоростью движения. Таким образом, условия движения поезда определяют величину напряжения и частоту тока АМВ. Длительному режиму работы тепловоза 2ТЭ116 соответствует расчетная сила тяги 17,6 т и длительная скорость 35,5 км/час. Эти величины определяют длительный ток $I_{дл} = 4320$ А и напряжение ТСГ на 15 ПМК, которое равно 415 В на выходе ВУ при номинальной мощности дизеля (точка G).

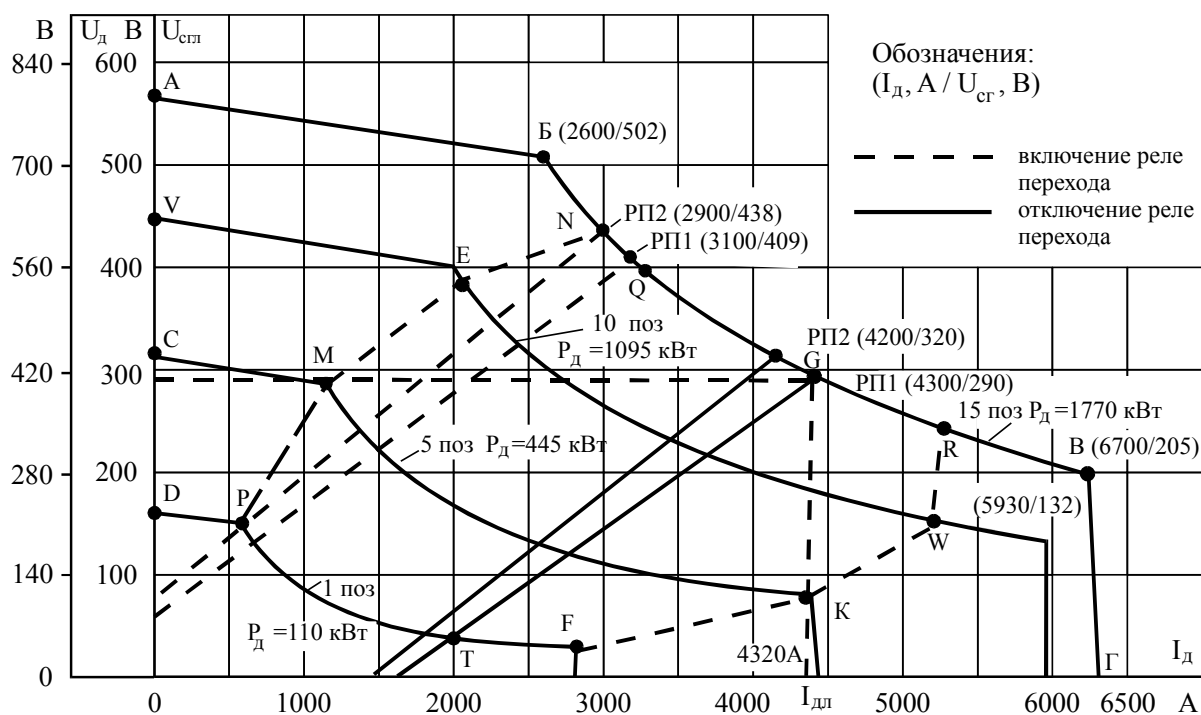


Рис. 2. Характеристики тягового генератора ГС-501 на выходе выпрямительной установки тепловоза 2ТЭ116

Работа тяговых электрических машин в режимах при более высших напряжениях и, соответственно, меньших токах на 15 ПК не ограничивается по времени, а работа при меньших напряжениях и больших токах строго ограничена: при 4800...5500 А не более 10 мин., 5500...6000 А – 5 мин., 6000...6500 А – 3 мин. Поэтому главным при работе АМВ в диапазоне напряжений ТСГ, меньших напряжения, соответствующего длительному току, является сохранение устойчивости и обеспечение необходимой производительности вентилятора. Следовательно, величина напряжения, питающего АМВ, зависит от тяговых режимов тепловоза в эксплуатации, согласно внешним характеристикам ТСГ (см. рис. 2). Точкой Q обозначим номинальный режим питания АМВ, для которого рассчитаны конструктивные параметры АМВ. Он соответствует частоте $f = 100$ Гц и линейному напряжению $U_{стл} = 400$ В на 15 ПКМ. Здесь же представлены внешние характеристики для 1, 5, 10 ПКМ, частота питающего напряжения ТСГ равна 35, 56, 77 Гц, соответственно. Нанесены линии включения и отключения реле переходов РП1 и РП2. Эти реле шунтируют при помощи сопротивлений обмотки возбуждения тяговых двигателей тепловоза для увеличения частоты вращения тяговых двигателей. Напряжение (линейное) на выходе генератора $U_{стл}$ и напряжение на внешних характеристиках при двенадцатипульсной схеме ВУ определяется:

$$U_{стл} = U_d / [12 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\pi/12) / \pi] = U_d / 1,39. \quad (1)$$

На каждой ПКМ можно выделить участки с различной вероятностью работы ТСГ в эксплуатации. На 15 ПКМ это участок NG, ограниченный включением реле перехода РП2 (точка N, см. рис. 2) и выключением РП1 (точка G). Выше этого участка находится зона работы тепловоза со скоростью выше конструкционной (зона АБ), ниже – зона работы тепловоза при токах, превышающих длительный $I_{дл} = 4320$ А, и работа на этом участке допускается кратковременно в переходных режимах при разгоне тепловоза.

На 10 ПКМ имеется диапазон работы генератора на внешней (гиперболической) характеристике от точки E до значения $I_{дл}$. На 5-й и 1-й позициях – полностью участки гиперболической характеристики (МК и РF). Область *NGKFPMEN* определяет возможные режимы питания АМВ при эксплуатации тепловоза с учетом режимов работы тепловоза при трогании. Область *NGTPN* определяет длительные режимы питания и работы АМВ. В этой области АМВ могут работать длительно, но с различной вероятностью при эксплуатации тепловоза.

Точка А рис.2 соответствует максимальному режиму питания ($f = 100$ Гц, $U_{л} = 550$ В), точка R – режиму питания кратковременному, но возможному в эксплуатации или при настройке тепловоза на реостате ($f = 100$ Гц, $U_{л} = 240$ В). При таком режиме серийный АМВ с обычным серийным короткозамкнутым ротором, имеющий “жесткую” механическую характеристику, не должен

“опрокидываться”. Регулирование температуры дизеля осуществляется релейно путем включения и отключения АМВ.

Опыт эксплуатации 2ТЭ116 с питанием АМВ от ТСГ доказывает, что если асинхронный электродвигатель с вентиляторной нагрузкой выдерживает длительно при стендовых испытаниях режимы питания, соответствующие точкам А и R (см. рис.2), то надежность электропривода в эксплуатации обеспечивается. При этом для обеспечения работоспособности АМВ в точке А необходима ненасыщенная магнитная система АМВ. Поэтому в номинальном режиме ($f = 100$ Гц, $U_{\text{л}} = 240$ В) индукция в воздушном зазоре не должна превышать 0,65 Тл. Для работоспособности АМВ в точке R необходимо линейную токовую нагрузку в номинальном режиме выбирать в 1,5 раза меньше. При этом АМВ работает устойчиво и не “опрокидывается”. При габаритной мощности серийного мотор-вентилятора АМВ37 в номинальном режиме, равной 37 кВт, для тепловоза

2ТЭ116 допустимая нагрузка на валу 24 кВт, т.е. в 1,54 раза меньше.

Используя данные рис.2, на рис.3 построена допустимая область изменения величины напряжения $U_{\text{сгл}}$ для АМВ от частоты питающего напряжения $f_{\text{сг}}$ (область A,V,C,D,F,K,W,R,A) и зависимость mn напряжения от частоты, необходимая для оптимального к.п.д. асинхронного привода с вентиляторной нагрузкой, согласно закону

$$\frac{U}{U_n} = \left(\frac{f}{f_n} \right)^2. \quad (2)$$

Также согласно рис. 2, на рис. 3 показана реальная длительная область NGTPN изменения величины напряжения $U_{\text{сгл}}$ в эксплуатации тепловоза для АМВ от частоты $f_{\text{сг}}$.

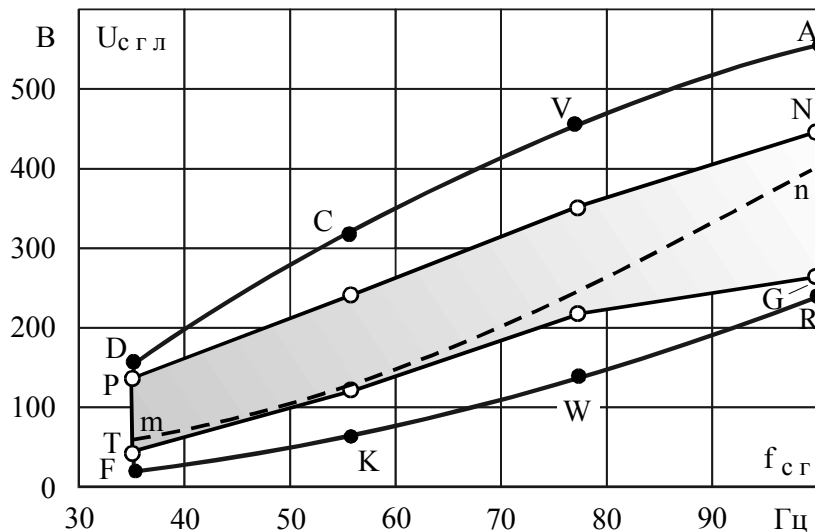


Рис. 3. Области изменения напряжения $U_{\text{сгл}}$ тягового генератора ГС-501 в эксплуатации от частоты $f_{\text{сг}}$;

mn – кривая изменения напряжения $U_{\text{сгл}}$ согласно формуле (2) .

Эксплуатация тепловозов в районах с развитой инфраструктурой возле железной дороги отличается значительными изменениями режимов работы дизеля. По данным ХК "Лугансктепловоз", результаты эксплуатационных испытаний тепловоза 2ТЭ116 № 521 в рядовом грузовом движении на участках Иловайское – Волноваха и Камыш Заря - Пологи Донецкой железной дороги за 68 часов регистрации режимов показывают:

- количество всех переключений позиций контроллера машиниста составляет 11160, из которых по времени 28 % приходится на диапазон времени 0-1 минута, что следует отнести к переходным режимам при разгоне поезда, смене ПКМ (режимов работы дизеля) в пути следования, и

при толковой работе на первых трёх позициях контроллера при прицепке и отцепке поезда;

- наиболее характерной продолжительностью непрерывной работы тепловоза без смены режима на рабочих позициях контроллера машиниста составляют интервалы времени 1-2 минуты на большинстве позиций; 4-5 минут, 5-10 минут - на 13, 14 ПКМ и 35 минут - на холостом ходу дизеля;

-переменность режимов работы мотор-вентиляторов характеризуется данными табл. 1.

Из приведенной таблицы следует, что при температуре наружного воздуха за период исследования $+20...+30^{\circ}C$ более часто включался вентилятор М1 контура охлаждения воды, однако по продолжительности непрерывной работы

значительно большая доля приходится на вентиляторы контура охлаждения масла. Это объясняется более низкими пределами регулирования (включение вентилятора М4 по

температуре масла дизеля при $67^{\circ}C$ против $79^{\circ}C$ вентилятора М1 по температуре воды) и большей теплоёмкостью и инерционностью контура охлаждения масла.

Таблица 1

Эксплуатационные характеристики мотор вентиляторов

Общее время работы тепловоза в часах	Общее время работы вентиляторов в часах	Номер вентилятора (охлаждаемый теплоноситель дизеля)	Характерная продолжительность работы в минутах			Количество включений
			Всего за период регистрации	Максимальная	Минимальная	
68	43,6	М1 (вода)	873	3,96	0,34	2568
		М2(вода)	48	0,81	0,066	720
		М3 (масло)	1051	31,3	1,99	528
		М4 (масло)	2632	45,5	2,96	888

На рис. 4 приведена гистограмма распределения относительного времени работы тепловоза 2ТЭ116 № 521 в эксплуатации в течение 68 часов. Из рис. 5 следует, что режимы работы тепловозов 2ТЭ116 характеризуются значительной

долей времени работы силовой установки на холостом ходу ($52,2\%$) при стоянках тепловоза. Наибольшее время работы тепловоз использует в движении на 10 позиции контроллера машиниста.

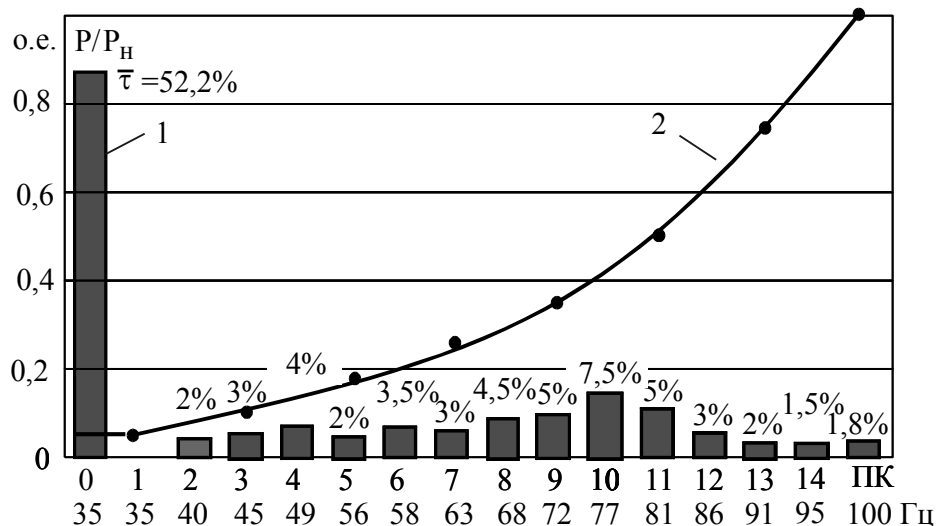


Рис. 4. Гистограмма распределения относительного времени работы тепловоза 2ТЭ116 в зависимости от позиции контроллера машиниста (1) и зависимость мощности P/P_n на валу мотор-вентилятора (2) от частоты питающего напряжения

Результаты исследований. Исследование режимов работы и питания **асинхронных мотор-вентиляторов (АМВ)** в реальных эксплуатационных тяговых режимах тепловоза 2ТЭ116 дает возможность определить условия работы АМВ, величину напряжения питания и частоту тока АМВ, а также среднеэксплуатационную мощность, потребляемую на привод вентиляторов охлаждающего устройства дизеля. Внешние характеристики тепловозного синхронного генератора (ТСГ) (см. рис.2) определяют величину и частоту питающего напряжения для АМВ в эксплуатации. Напряжение и частота тока ТСГ, от которого запитаны АМВ, изменяются в зависимости от тягового тока

генератора согласно внешним характеристикам ТСГ (рис.2) в процессе движения тепловоза. При максимальном режиме работы дизеля в эксплуатации напряжение на АМВ может изменяться в пределах от $U_L=240$ В до $U_L=550$ В при частоте $f=100$ Гц. Это необходимо учитывать как при модернизации существующих серийных АМВ, так и при создании новых АМВ для новых тепловозов при питании системы электропривода АМВ от тягового синхронного генератора. Изменение напряжения питания в таких пределах требует для обеспечения работоспособности АМВ при $U_L=550$ В и $f=100$ Гц использовать

ненасыщенную магнитную систему АМВ. Поэтому расчетная индукция в номинальном режиме при $U_{\text{ЛН}}=400$ В и $f_{\text{Н}}=100$ Гц в воздушном зазоре не должна превышать 0,65 Тл, расчетную линейную нагрузку необходимо уменьшить в 1,5 раза по сравнению с рекомендуемыми значениями для обычных серийных асинхронных двигателей. Необходимо также применять для короткозамкнутой обмотки ротора алюминиевый сплав с повышенным удельным сопротивлением. При этом АМВ работает устойчиво и не «опрокидывается» при $U_{\text{Л}}=240$ В. При габаритной мощности серийного мотора вентилятора АМВ37, равной 37 кВт (при $f_{\text{Н}}=100$ Гц и $U_{\text{ЛН}}=400$ В), на тепловозе 2ТЭ116 нагрузка на валу АМВ в номинальном режиме допустима 24кВт, т.е. в 1,54 раза меньше из-за большого диапазона изменения напряжения при эксплуатации тепловоза при частоте тока $f_{\text{Н}}=100$ Гц.

Анализ режимов работы тепловоза 2ТЭ116 в эксплуатации (см. табл. 1) определил значительную интенсивность пусковых режимов мотор-вентиляторов, работающих в релейном режиме. Это не обеспечивает достаточную надёжность и экономичность работы приводов вентиляторов в эксплуатации. Интенсивность пусковых режимов АМВ при эксплуатации тепловоза может достигать до 38 пусков в час. Необходимо уменьшить пусковые токи и потери при пусках в АМВ (уменьшить нагрев обмотки статора), совершенствуя конструкцию короткозамкнутой обмотки ротора.

Для сравнительного анализа по потребляемой мощности электроприводов с различной конструкцией АМВ необходимо учитывать реальные режимы работы и питания АМВ в эксплуатации (см.рис.3 и рис.4), из которых следует, что при номинальной мощности АМВ работает в эксплуатации не более 1,8%, при этом напряжение линейное на АМВ изменяется от 260 до 450 В. Остальную часть времени в эксплуатации АМВ работают при мощности на валу, значительно меньшей номинальной (кривая 2, рис. 4).

Выводы. 1. Анализ режимов работы и питания асинхронных мотор-вентиляторов (АМВ) при тяговых режимах работы тепловоза 2ТЭ116 определил необходимость доработки методов расчета АМВ (электромагнитного и пусковых режимов) с учетом значительного изменения напряжения питания АМВ ($\pm 40\%$) от номинального значения $U_{\text{ЛН}}=400$ В при частоте $f_{\text{Н}}=100$ Гц.

2. Расчетная индукция в воздушном зазоре должна быть не более 0,65 Тесла, линейная токовая нагрузка при расчете должна быть уменьшена в 1,5

раза по сравнению с асинхронными двигателями общепромышленных серий аналогичной мощности.

3. При сравнительном анализе по потребляемой мощности на привод вентиляторов с различной конструкцией электроприводов необходимо учитывать не номинальный режим, а среднеэксплуатационный режим работы согласно рис. 4, а также потери мощности при пусковых режимах работы АМВ, которые достигают до 38 пусков в час.

Л и т е р а т у р а

1. Яковенко В.В. Асинхронные регулируемые мотор-вентиляторы для охлаждающих устройств тепловозов. / Яковенко В.В., Бухтияров И.Ю., Захарчук И.А. // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2006. – Вып. 36. – С. 149–156.
2. Пат. № 30332 Украина, МПК (2006) H02K 7/14, Асинхронный мотор-вентилятор / Захарчук И.О.; власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № у 2007 11379 ; заявл. 15.10.2007 ; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4.
3. Пат. № 30333 Украина, МПК (2006) H02K 7/14, Асинхронный мотор-вентилятор / Захарчук И.О.; власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № у 2007 11380 ; заявл. 15.10.2007 ; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4.
4. Igor Zacharchuk. Rational design of rotor of the asynchronous motor fan for cooling units of diesel locomotives / Igor Zacharchuk, Olexsander Zacharchuk, Igor Bukhtiyarov //TEKA/ COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. –2014.Vol. 14. No. 1, 339–348.

R e f e r e n c e s

1. Jakovenko V.V. Asinhronnye reguliruemye motor-ventiljatory dlja ohlashdajushhih ustrojstv teplovozov. / Jakovenko V.V., Buhtijarov I.Ju., Zaharchuk I.A. // Vectnik Nacional'nogo tehničeskogo univesiteta «HPI». Har'kov: NTU «HPI». – 2006. – Vyp. 36. – S. 149–156.
2. Pat. № 30332 Ukraïna, MPK (2006) H02K 7/14, Asinhronnij motor-ventiljator / Zaharchuk I.O. vlasnik Shidnoukraïnc'kij nacional'nij universitet imeni Volodimira Dalja. – № u 2007 11379 ; zajavl. 15.10.2007 ; opubl. 25.02.2008, Bjul. № 4.
3. Pat. № 30332 Ukraïna, MPK (2006) H02K 7/14, Asinhronnij motor-ventiljator / Zaharchuk I.O. vlasnik Shidnoukraïnc'kij nacional'nij universitet imeni Volodimira Dalja. – № u 2007 11380 ; zajavl. 15.10.2007 ; opubl. 25.02.2008, Bjul. № 4.
4. Igor Zacharchuk. Rational design of rotor of the asynchronous motor fan for cooling units of diesel locomotives / Igor Zacharchuk, Olexsander Zacharchuk, Igor Bukhtiyarov //TEKA/ COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE. –2014.Vol. 14. No. 1, 339–348.

Zacharchuk I.A.

ANALYSIS OF OPERATING MODE OF ASYNCHRONOUS MOTOR FANS ON THE LOCOMOTIVE 2TE116 IN EXPLOITATION

The analysis of operating modes of the locomotive 2TE116 in exploitation determined a significant intensity of

the starting modes of motor-fans operating in the relay mode. This does not provide sufficient reliability and economy of operation of the fan drives in operation. The intensity of the AMB start-up modes during operation of the locomotive can reach up to 38 starts per hour. It is necessary to reduce the starting currents and losses during AMC starts (to reduce the heating of the stator winding), improving the design of the short-circuited winding of the rotor. The supply of the asynchronous motor-fans of the cooling device (AMV OU) is carried out from the traction synchronous generator. The tension of the traction synchronous generator is determined by the profile of the path, the weight of the train, and the speed of movement. Therefore, the supply voltage of the motor fan changes from the rated value of 400 V at a frequency of 100 Hz. The magnetic motor-fan system must be unsaturated at a voltage from the rated voltage. Consequently, the magnetic induction in the air gap should not exceed 0.65 T in the nominal power mode. The AMB must not "tilt" (stop) at the supply voltage from the rated voltage. The calculated linear load should be 1.5 times less than for serial asynchronous motors.

Key words: locomotive 2TE116, asynchronous motor-fan, the rotor winding, modes of operation and supply, exploitation.

Захарчук И.А. – к.т.н., доцент кафедры «Электротехнические системы электропотребления» Луганского национального университета имени Владимира Даля

E-mail: zalexsid@mail.ru

Zacharchuk I.A. associate Professor, Department of Electrical Systems of Power Consumption Volodymyr Dahl National University of Lugansk

E-mail: zalexsid@mail.ru

Рецензент: Яковенко Валерий Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электромеханика» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.04.2017

УДК 621.311

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДОАВАРИЙНОГО РЕЖИМА И ВЫЯВЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ 6-10 кВ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ

Кузьменко Д.И., Яременко С. П.

AUTOMATIC RECUPERATION BEFORE EMERGENCY MODE AND IDENTIFICATION OF DAMAGED CONNECTION IN NETWORKS WITH ISOLATED NEUTRAL 6-10 kV UNDER ONE-PHASE CIRCUITS TO EARTH

Kuzmenko D.I., Yaremenko S. P.

Предложен способ автоматического восстановления доаварийного режима и выявления поврежденного присоединения при однофазных замыканиях на землю путем шунтирования поврежденной фазы в сетях с изолированной нейтралью, который способен определить тип повреждения, состояние повреждения после шунтирования и возможность самовосстановления изоляционных свойств поврежденного присоединения. Метод также позволяет ограничить перенапряжения при вынужденном поиске поврежденного присоединения методом поочередных отключений.

Ключевые слова: *изолированная нейтраль, однофазное замыкание на землю, шунтирование поврежденной фазы, ограничение перенапряжений, надежность работы электрических сетей.*

Актуальность исследований. В настоящее время в условиях отсутствия надлежащего финансирования на реконструкцию электрических распределительных сетей 6-10 кВ, работающих в режиме с изолированной нейтралью для снижения последствий, возникающих во время однофазных замыканий на землю, необходимо продолжать поиск решений проблемы повышения надежности работы электрических сетей. Поиск заключается в обеспечении максимального ограничения амплитуды и длительности существования перенапряжений, а также создании условий для повышения чувствительности средств релейной защиты и снижении тепловых потерь в месте пробоя изоляции.

В соответствии с вышеуказанным, были введены поправки в ПУЭ [1] и ПТЭЭП [2]. Согласно этим поправкам, допускается работа сети 6-10 кВ с малыми токами замыкания на землю до 20 А с включенным в нейтраль через нейтралеобразующий трансформатор низкоомным

резистором или специальным ДГР. Применение этих устройств предполагает значительное снижение перенапряжений при повторных зажиганиях дуги благодаря разряду емкостей неповрежденных фаз через созданную нейтраль. Включение же резистора в нейтраль не только разряжает емкости сети, предотвращая процесс накопления зарядов в них и устраняя возможность появления больших перенапряжений, но и увеличивает значение тока замыкания на землю, тем самым увеличивая надежность и селективность существующих релейных защит, выполненных на реле РТЗ – 51 (РТЗ – 50, РТ – 40/0,2). Применение низкоомного резистора предполагает либо быстрое отключение поврежденного присоединения, либо отключение с выдержкой некоторого времени, ограниченного низкой термостойкостью резисторов. После их нагрева присоединительный трансформатор с заземляющим резистором должен быть отключен, и в случаях необходимости поддержания бесперебойности питания поврежденного присоединения вся сеть переводится в режим с изолированной нейтралью.

Однако, как показывает опыт, применение такого способа заземления нейтрали не привело к ожидаемому увеличению надежности работы распределительных сетей. С одной стороны, это привело к необходимости мгновенно отключать поврежденное присоединение, а при настроенной селективной защите в некоторых случаях приводило к неоправданному групповому отключению потребителей, с другой стороны, из-за большой скорости нарастания напряжения после погасания дуги одиночных замыканий, приводило либо к повторному пробую, так как в месте пробоя не успевала восстановиться диэлектрическая

прочность, либо к повреждению другого оборудования.

Применение ДГР в сетях с малыми токами замыкания на землю предполагает компенсацию тока замыкания и создание условий для гашения дуги за счет уменьшения тока в месте замыкания.

Однако внедрение этого мероприятия привело к уменьшению надежности действия релейной защиты из-за значительного уменьшения тока в месте замыкания, который стал соизмерим с токами нулевой последовательности неповрежденных присоединений. Выявление этого тока осложняют еще и значительные погрешности, вносимые трансформаторами тока нулевой последовательности, при измерении токов до 0,5 А [3].

Еще одной проблемой при применении ДГР стала проблема его точной настройки в резонанс при постоянном изменении конфигурации распределительной сети, что привело к возможности появления феррорезонансных процессов между емкостями сети и измерительными трансформаторами напряжения и, как правило, выхода последнего из строя.

Цель работы - повышение надежности работы сетей с изолированной нейтралью 6-10 кВ в аварийных режимах при однофазных замыканиях на землю.

Задача исследований - разработать способ, повышающий эффективность работы электрических сетей 6-10 кВ, работающих в режиме с изолированной нейтралью.

Изложение основных материалов. Для повышения надежности работы сети с изолированной нейтралью 6-10 кВ в аварийном режиме при однофазных глухих и дуговых замыканиях на землю в статье предложен способ автоматического шунтирования поврежденной фазы [4]. Основная идея предлагаемого устройства, реализующего новый способ, принцип работы которого изображен на рис. 1, заключается в автоматическом шунтировании поврежденной фазы однополюсными пофазно-управляемыми вакуумными выключателями и переводе таким образом сети с наличием повреждения в режим искусственного глухого замыкания на землю. При этом устройство за некоторое время до включения шунтирующего выключателя (ШВ), выявляет частоту чередования пробоев для исключения срабатывания устройства от случайного одиночного самоустраняющегося пробоя, а после включения ШВ устройство работает в режиме автоматического восстановления доаварийного режима. Этот режим предполагает отключение ШВ в случае исчезновения повреждения, наличие которого определяется посредством контроля фазы тока в цепи ШВ относительно напряжения нулевой последовательности. В случае наличия глухого замыкания по цепи ШВ – земля – место замыкания протекает часть тока нагрузки $I_{A5ШВ}$ (рис. 1),

увеличивая тем самым активную составляющую тока в месте шунтирования. Фаза тока в цепи ШВ в зависимости от загруженности присоединения и удаленности повреждения меняется в достаточно большом диапазоне, но отличается от 90 градусов. После отключения поврежденного присоединения фаза тока изменяется за счет исчезновения активной составляющей тока нагрузки поврежденного присоединения, протекающего от места шунтирования к месту повреждения, что укажет на правильность действия оперативного персонала при очередном отключении присоединений. При наличии дугового замыкания после шунтирования поврежденной фазы дуга в месте замыкания погаснет и фаза тока будет составлять 90 градусов. Этот же режим предполагает создание условий для возможности самоустранения дугового повреждения за счет выдержки времени после погасания дуги, необходимого для возможности самовосстановления диэлектрической прочности дугового промежутка, и только после этого автоматически отключает шунтирующее устройство.

В случае если после включения ШВ устранение повреждения не происходит, что возможно при наличии глухого замыкания на землю или после повторного включения ШВ, вызванного возобновлением дугового замыкания, при невозможности самовосстановления диэлектрической прочности дугового промежутка повреждения – шунтирующее устройство продолжает работать достаточно продолжительное время, допустимое по ПУЭ, что позволяет обслуживающему персоналу принять необходимые меры.

При выполнении очередных отключений, при определении поврежденного присоединения однофазный шунтирующий выключатель поврежденной фазы остается включенным, что исключает возможность появления опасных перенапряжений при коммутациях и дает возможность выявить момент отключения поврежденного присоединения за счет изменения фазы тока в шунтирующем устройстве.

На схеме (рис. 1) показано распределение токов, влияющих на значение тока в месте повреждения при использовании способа шунтирования поврежденной фазы, помогающее показать работу предлагаемого устройства при очередных отключениях, связанных с выявлением поврежденного присоединения при отказе релейной защиты или при выявлении поврежденного присоединения, за счет повышения чувствительности релейной защиты после включения ШВ. Схема содержит: силовой трансформатор Т, питающий шины распределительного устройства главной подстанции РУП, от которых запитываются блок шунтирующих коммутаторов с тремя однофазными шунтирующими выключателями ШВ1-ШВ3, измерительный трансформатор напряжения с

устройством выбора поврежденной фазы и три присоединения с отходящими линиями W1–W3, причем линия W2 запитывает шины распределительного устройства распределительной подстанции РУРП, к которой, в свою очередь, подключены два отходящих присоединения с отходящими линиями W4 и W5. Емкости C1–C5 характеризуют эквивалентные емкостные проводимости каждого из указанных присоединений W1–W5 при наличии однофазного замыкания на землю.

Для выявления поврежденного присоединения при поочередных переключениях в цепь измерительного трансформатора тока TA_{ШВ} включена токовая обмотка реле направления мощности KW_{ШВ}.

Включение устройства также позволяет увеличить чувствительность релейных защит удаленных присоединений за счет подтекания активного тока через шунт и тем самым увеличения значения амплитуды тока нулевой последовательности.

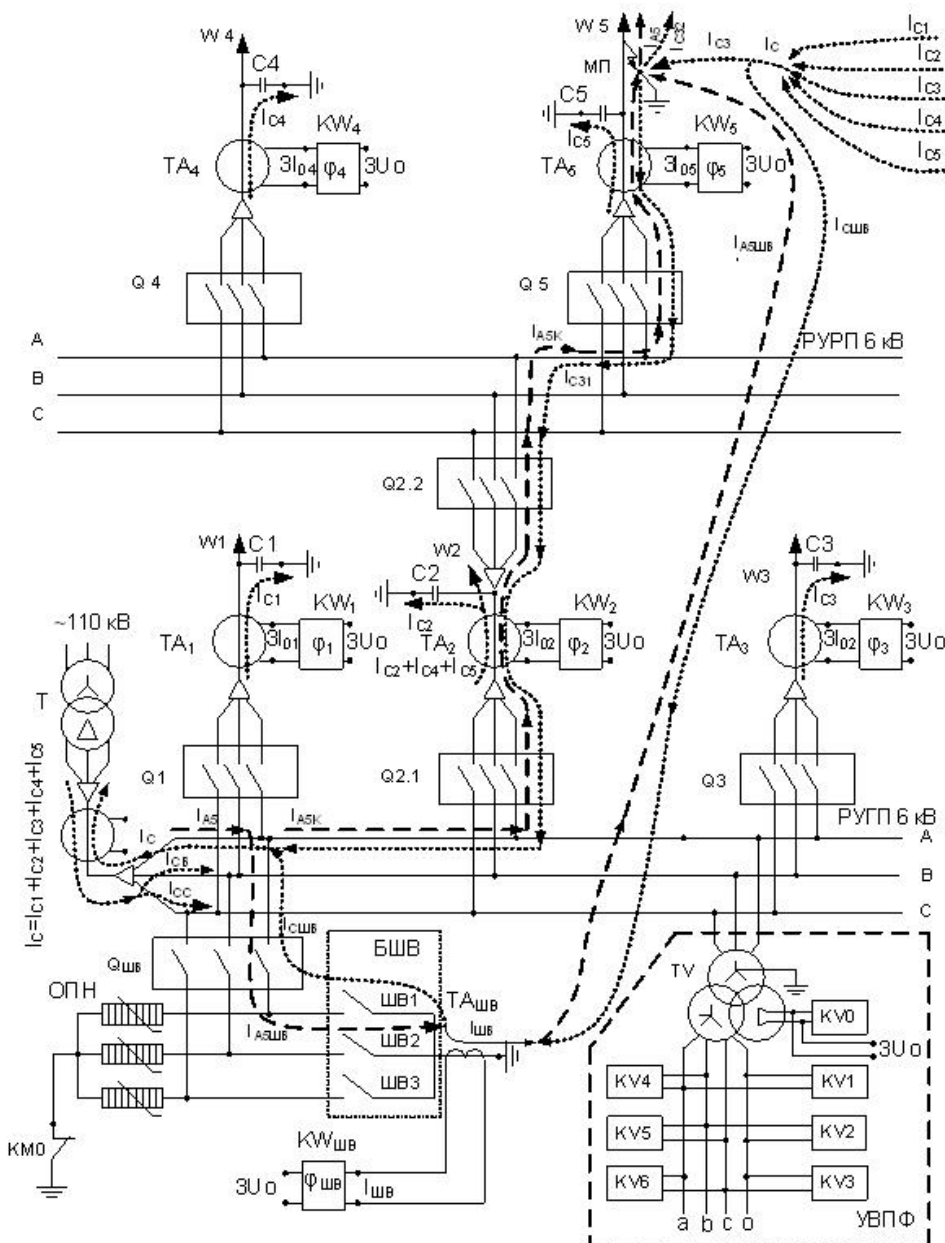


Рис. 1. Схема распределительной сети с применением шунтирующего выключателя и распределением токов однофазного замыкания на землю при его включении:
 - - - -> – растекание тока нагрузки фазы поврежденного присоединения;
> – распределение емкостных токов

На рис. 2 показана функциональная схема работы разработанного устройства, основные принципы которого состоят в следующем:

1. Устройство находится в режиме ожидания с отключенным ШВ в нормальном режиме до появления напряжения нулевой последовательности вышеустановленного значения.

2. После возникновения ЗУО устройство по уровню фазных и линейных напряжений определяет тип повреждения. В случае наличия всех трех линейных напряжений и двух фазных (величина каждого из них больше значений уставок релейной защиты) повреждение определяется как однофазное, при отсутствии одного из вышеуказанных напряжений устройство переходит в режим

ожидания, что означает присутствие другого типа повреждения.

3. После выявления однофазного повреждения происходит определение поврежденной фазы по условию отсутствия уровня, установленного релейной защитой напряжения между фазой и землей.

4. При следующем шаге работы устройство, для сетей с изолированной нейтралью, определяет периодичность возникновения ЗУО. Для этого устройство выдерживает паузу, которая соответствует 20-30 периодам промышленной частоты. Величина паузы определяется, исходя из опыта исследования горения перемежающейся дуги [5, 6].

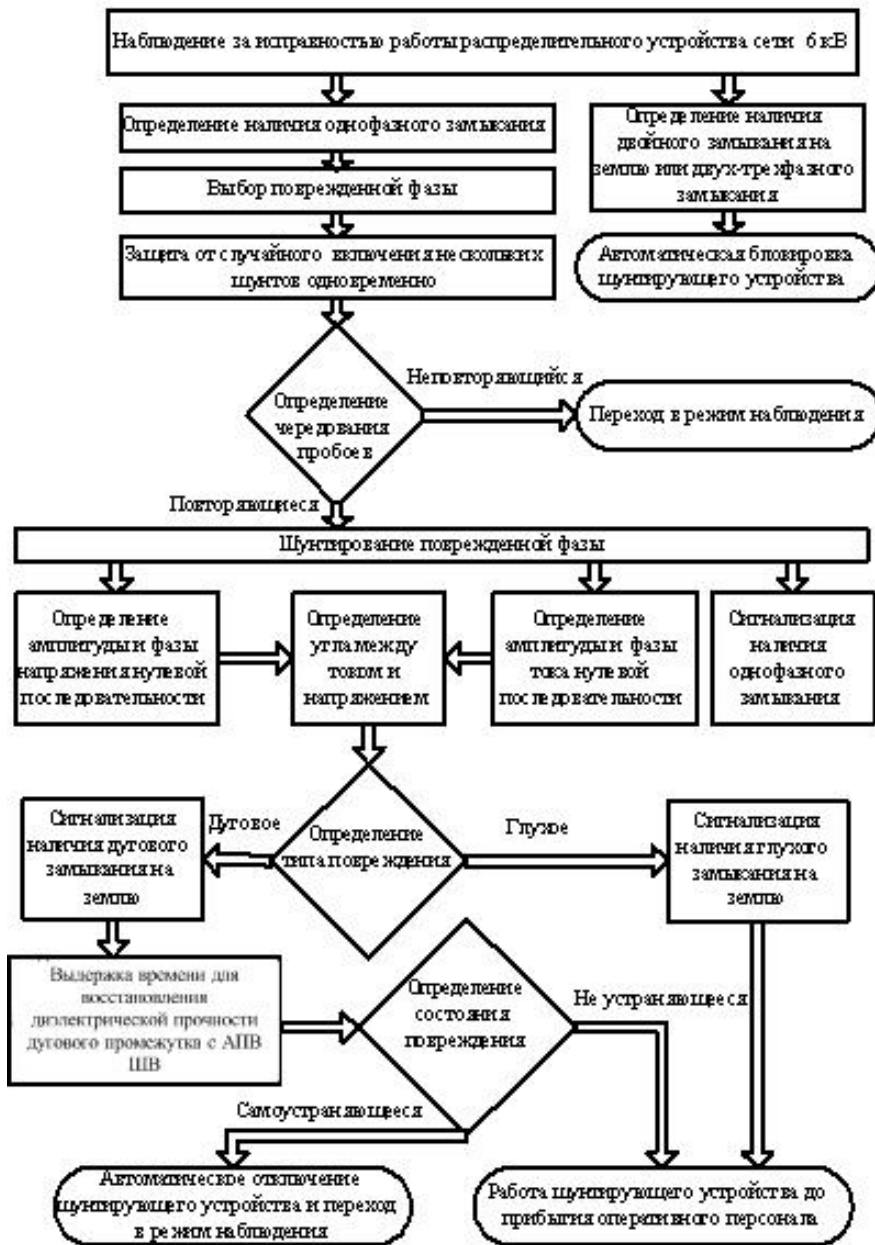


Рис. 2. Функциональная схема устройства

5. При выборе поврежденной фазы устройство блокирует систему управления ШВ оставшихся двух фаз, которые по его определению не имеют контакта с землей.

6. После определения поврежденной фазы и блокировки ШВ неповрежденных фаз подается сигнал управления на привод выбранного ШВ, с помощью которого производится шунтирование поврежденной фазы.

7. Зашунтировав поврежденную фазу, устройство с помощью реле направления мощности контролирует характер тока в цепи заземления ШВ, контроль которого необходим для выявления состояния повреждения. Выявление этим устройством активной составляющей тока выше минимального значения уставки реле характеризует активно-индуктивный характер тока, что указывает на существование в сети глухого замыкания на землю, отсутствие же этой составляющей характеризует реактивный характер, что указывает на исчезновение тока в месте повреждения после включения ШВ и наличие в сети дугового замыкания.

8. В случае возникновения дугового замыкания устройство, после погасания дуги, для создания возможности восстановления диэлектрической прочности поврежденного промежутка, выдерживает установленное заранее время перед отключением ШВ. При этом подается сигнал о возникновении повреждения.

9. После отключения ШВ, в случае дугового замыкания, перед переходом в доаварийное состояние устройство предусмотрена выдержка времени (порядка 10 мин.) на случай повторного возникновения повреждения. Возникновение последнего вероятно при наличии несамоустраняемого повреждения и невозможности самовосстановления поврежденного промежутка. В этом случае ШВ включается повторно, совместно с соответствующей данному случаю сигнализацией, и работает до ручного отключения персоналом.

10. В случае возникновения глухого замыкания устройство работает до отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом или релейной защитой.

В разработанном устройстве предусмотрена защита от двойных замыканий на землю, после возникновения которых ШВ автоматически отключается и переходит в режим ожидания до момента отключения релейной защитой от межфазных замыканий одного из присоединений, после чего заново определяется поврежденная фаза у неотключенного, с однофазным повреждением присоединения, и повторяется вышеописанная работа устройства. При возникновении межфазных повреждений устройство полностью блокирует включение всех трех ШВ.

При включении шунтирующего выключателя на продолжительный период времени устройством предусмотрен перевод ограничителей

перенапряжения на пониженное напряжение посредством отключения их общей точки от заземлителя.

Выводы: 1. Применение данного способа позволяет предотвратить возможность существования длительных дуговых замыканий за счет перевода их в глухие путем включения шунтирующего выключателя при появлении замыкания на землю.

2. Предложенная схема позволяет автоматически контролировать состояние замыкания на землю в поврежденном присоединении путем контроля направления мощности в цепи шунтирующего выключателя.

3. Создание в разработанной схеме бестоковой паузы позволяет в месте повреждения, в случае дугового замыкания, дать возможность восстановиться диэлектрической прочности за счет включенного автоматического шунтирования поврежденной фазы.

4. Применение автоматического шунтирования позволяет определить вид замыкания (дуговой или глухой) путем определения фазы между током и напряжением нулевой последовательности.

5. Предложенное автоматическое восстановление доаварийного режима при неустойчивом дуговом замыкании снижает потери, связанные с недоотпуском электрической энергии.

6. Обеспечение сигнализации для принятия мер по выявлению поврежденного присоединения, при глухом замыкании, позволяет выявить последнее путем поочередного отключения при отсутствии коммутационных перенапряжений.

Л и т е р а т у р а

1. Правила устройства электроустановок. – X.: Изд-во «Форт», 2009. – 704 с.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – X.: Издательство «Индустрия», 2007. – 288 с.

3. Гусенков А.В. Определение погрешностей кабельных трансформаторов тока нулевой последовательности / А.В. Гусенков // Вестник научно-промышленного общества. – М., 2005. – № 9. – С. 28 – 37.

4. Сивокобыленко В.Ф. Повышение надежности работы сетей 6 – 10 кВ при замыкании фазы на землю / В.Ф. Сивокобыленко, Д.И. Кузьменко // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – Луганськ, 2007. – Випуск 2 (15) 2007. – Ч.1. – С. 50-53.

5. Дударев Л.Е. Дуговые замыкания на землю в кабельных сетях / Л.Е. Дударев, С.И. Запрожченко, Н.М. Лукьянцев // Электрические станции. – 1971. – №8. – С. 64-66.

6. Дударев Л.Е. Автоматическое повторное включение при дуговых замыканиях на землю в кабельных сетях / Л.Е. Дударев, Н.М. Лукьянцев // Электрические станции. – 1973. – №11. – С. 49-52.

R e f e r e n c e s

1. Pravila ustrojstva jelektroustanovok. – X.: Izd-vo «Fort», 2009. – 704 s.

2. Pravila tehnickejskoj jekspluatácii jelektroustanovok potrebitelej. – X.: Izdatel'stvo «Industrija», 2007. – 288 s.

3. Gusenkov A.V. Opredelenie pogreshnostej kabel'nyh transformatorov toka nulevoj posledovatel'nosti / A.V. Gusenkov // Vestnik nauchno-promyshlennogo obshhestva. – M., 2005. – № 9. – S. 28 – 37.

4. Sivokobylenko V.F. Povyshenie nadezhnosti raboty setej 6 – 10 kV pri zamykanii fazy na zemlju / V.F. Sivokobylenko, D.I. Kuz'menko // Praci Lugans'kogo viddilennja Mizhnarodnoï Akademii informatizacii. – Lugans'k, 2007. – Vipusk 2 (15) 2007. – Ch.1. – S. 50-53.

5. Dudarev L.E. Dugovye zamykanija na zemlju v kabel'nyh setjah / L.E. Dudarev, S.I. Zaprohchenko, N.M. Luk'jancev // Jelektricheskie stancii. – 1971. – №8. – S. 64-66.

6. Dudarev L.E. Avtomaticheskoe povtornoje vključenje pri dugovyh zamykanijah na zemlju v kabel'nyh setjah / L.E. Dudarev, N.M. Luk'jancev // Jelektricheskie stancii. – 1973. – №11. – S. 49–52.

Kuzmenko D.I., Yaremenko S. P.

AUTOMATIC RECUPERATION BEFORE EMERGENCY MODE AND IDENTIFICATION OF DAMAGED CONNECTION IN NETWORKS WITH ISOLATED NEUTRAL 6-10 kV UNDER ONE-PHASE CIRCUITS TO EARTH

A method is proposed for automatically regeneration of before breakage mode and detecting the damaged connection in single-phase earth faults by shunting the damaged phase in networks with isolated neutral that is able to determine the type of damage, the state of damage after shunting, and the possibility of self-healing of the insulation properties of the damaged connection. The method also allows you to limit

overvoltage in the forced search for a damaged connection by the method of successive shutdowns

Key words: *isolated neutral, single-phase ground fault, shunting of the damaged phase, overvoltage limitation, reliability of electrical networks.*

Кузьменко Дмитрий Иванович, доцент, к.т.н., Луганский национальный университет имени В.Даля, кафедра «Электротехнические системы электропотребления».

E-mail: invodi@yandex.ru

Яременко Светлана Петровна, старший преподаватель, Луганский национальный университет имени В.Даля, кафедра «Электротехнические системы электропотребления»/

E-mail: kaf_energo_sys@mail.ru

Kuzmenko Dmitry Ivanovich, associate Professor, Ph. D., Lugansk national University named after V.Dahl, Department "Electrical engineering systems of power consumption".

E-mail: invodi@yandex.ru

Yaremenko, Svetlana Petrovna, senior lecturer, Lugansk national University named after V.Dahl, Department "Electrical engineering systems of power consumption".

E-mail: kaf_energo_sys@mail.ru

Рецензент: Тарасенко О.В., к.т.н., доцент, декан факультета электротехнических систем ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 16.05.2017 г.

УДК [621.314.223.017.3+621.314.222.6.017.3] (477.61)

УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В СТАЛИ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 220-500 кВ И СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6-110 кВ ЛУГАНСКОГО РЕГИОНА

Сырцов А.И., Половинка Д.В., Парсентьев О.С.

UPDATED CALCULATION AND COMPARATIVE ANALYSIS DISTRIBUTION OF MAGNETIC LOSS OF ENERGY IN STEEL AVTOTRANSFORMERS VOLTAGE 220-500 kV AND POWER TRANSFORMERS 6-110 kV IN LUGANSK REGION

Syrtsov A.I., Polovinka D.V., Parsentiev O.S.

Для определения магнитных потерь энергии в стали силовых автотрансформаторов (АТ) напряжением 220-500 кВ предлагается метод, основанный на численном использовании намагничивающей мощности, паспортных данных, коэффициенте формы кривой намагничивания и условии постоянства намагничивающей мощности.

Проведен расчет намагничивающей реактивной мощности и энергии, вызванных основной-первой гармоникой и полным спектральным гармоническим составом амплитуды тока холостого хода, мощности и энергии искажения в стали силовых АТ 220-500 кВ, вызванных различием форм гармонического состава у тока и напряжения, а также учет добавочных потерь электроэнергии от циркуляции токов, гармоник, кратных трем.

Проведен сравнительный анализ распределения магнитных потерь энергии в стали АТ и силовых трансформаторов (СТ) напряжением 6-110 кВ Луганского региона.

Предложен ряд мероприятий для снижения уровня этих потерь электроэнергии в АТ и СТ Луганского региона.

Ключевые слова: автотрансформатор, трансформатор силовой трехфазный, третичная обмотка, проходная мощность, годовые потери активной энергии в стали, годичный максимум реактивной энергии, годовые потери энергии искажения, гармонический состав, ток холостого хода.

Введение. Электроснабжение потребителей Луганского региона осуществляется от оптового рынка электроэнергии (ОРЭ) Российской Федерации (РФ) и Украины с использованием магистральных электрических сетей (МЭС) напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго» [1].

Электрическая энергия, вырабатываемая генерирующими компаниями ОРЭ РФ и Украины, перед тем как попасть к электроустановкам потребителей Луганского региона, претерпевает ряд трансформаций на различных подстанциях.

Связь генерирующих компаний ОРЭ РФ и Украины с перечисленными понизительными подстанциями осуществляется при помощи силовых автотрансформаторов (АТ) напряжением 220-750 кВ.

Эксплуатация силовых АТ при правильном соблюдении ряда условий их применения в электрических сетях в сравнении с двухобмоточными и трехобмоточными силовыми трансформаторами (СТ) имеет следующие преимущества:

- высокие энергетические показатели;
- меньшие размеры и массу;
- часть от всей полученной электрической

энергии можно трансформировать в обмотку, а другую часть электрической энергии передать из энергетической системы одного напряжения в энергетическую систему другого напряжения, той же частоты и без трансформации.

На территории Луганского региона используются двенадцать подстанций (ПС) 220-500 кВ с 42-мя АТ.

Проведенным анализом установлено, что АТ соединяют электрические сети напряжением 220-500 кВ с электрическими сетями 110 кВ, суммарная номинальная (проходная) мощность однофазных и трехфазных трехобмоточных понизительных силовых АТ составляет 8143 МВА, суммарная номинальная мощность обмоток низшего напряжения 6-35 кВ АТ находится в пределах $S_{ном}^{HH} = (0,4 \div 0,5) S_{ном} АТ$ и составляет 2519 МВА.

Обмотки однофазных силовых АТ с первичным напряжением $\left(\frac{220}{\sqrt{3}} - \frac{500}{\sqrt{3}} \right)$ кВ соединяются по схеме $I_{АВТО} / 1-1-0-0$, а трехфазных силовых АТ

с линейным напряжением $220-500\text{кВ}$ – по схеме $Y_{\text{НАВТО}}/Д-0-11$.

На ПС 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго» применяется соединение нулевой точки обмоток высшего напряжения АТ к заземленной нейтрали, поэтому третья гармоника и кратные ей гармоники присутствуют в гармоническом составе намагничивающего тока АТ.

В этом случае магнитная индукция (B_c), основной поток (Φ_c) в стержнях магнитопровода, электродвижущая сила и напряжения в фазах АТ будут иметь синусоидальную форму.

Для подавления гармоник, кратным трем, обмотка низшего напряжения (ОНН) – третичная обмотка в силовых АТ – соединяется по схеме треугольник.

В однофазных понизительных трехобмоточных АТ, первичная обмотка которых подключается к фазному напряжению $500/\sqrt{3}\text{кВ}$, указанная третичная обмотка напряжением 10,5 -38,5 кВ рассчитывается на номинальную мощность 33-120 кВА.

Соответственно в трехфазных понизительных трехобмоточных АТ с линейным напряжением 500 кВ кажущаяся мощность такой обмотки составляет 100 кВА при номинальном напряжении 10,5 -38,5 кВ.

В Украине согласно [2] предлагается учет потерь активной $\Delta W_T^{(P)}$ и реактивной $\Delta W_T^{(Q)}$ видов электроэнергии в однофазных и трехфазных трехобмоточных СТ и АТ производить по упрощенным формулам, учитывающим действие только основных гармоник синусоидального тока и напряжения.

Однако в этих формулах не учтены величины намагничивающей мощности и энергии, вызванные полным спектром гармоник реактивной составляющей амплитуды тока холостого хода, а также расчет мощности и энергии искажения, вызванные различием в форме кривых тока и напряжения.

Указанные различия (искажения) возникают в стали магнитопровода АТ, вследствие поворота вектора намагниченности доменов (J_s) до совпадения с направлением внешнего поля (H), и поэтому являются критерием, определяющим амплитуду и форму тока холостого хода, а также его гармонический состав.

Так как третичная обмотка АТ соединена по схеме треугольник "Д" то магнитная индукция (B_c), поток (Φ_c) в стержнях, напряжения $U_{1\phi}, U_{2\phi}$ и электродвижущая сила, наводимые в фазах АТ $E_{1\phi}, E_{2\phi}$, имеют синусоидальную форму. В таком случае учитывать магнитные потери в стали

АТ при несинусоидальности индукции нецелесообразно.

В работах [3,4] расчет действующего значения намагничивающего тока i_0 приводится исключительно для первой – основной гармоники. Действие и учет гармоник высшего порядка (гармоник, кратных трем, и гармоник $\nu=5,7\dots$ и т.д.) из амплитуды намагничивающего тока I_{0r} , согласно [3], исключается путем введения коэффициента формы (гармоник) k_f , учитывающего наличие высших гармоник при расчете основной составляющей намагничивающего тока:

$$I_{0r} = \frac{F}{k_a \cdot k_f \cdot w}, \quad (1)$$

где F – средняя намагничивающая сила одной фазы, А;

$k_a = 1,41$ – коэффициент амплитуды по [5];

w – число витков обмотки.

В большинстве работ определению мощности искажения T отводится незначительная роль, ограниченная упоминанием в следующей формуле:

$$T = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}, \quad (2)$$

где S – полная мощность, указанная на табличке трансформатора, ВА;

P – активная мощность, или полезная мощность, Вт;

Q – реактивная мощность, Вар.

Однако более точный учет мощности искажения T позволяет получить наглядное представление о потерях электроэнергии в АТ, возникающих в результате искажения намагничивающего тока, а также позволяет учесть добавочные потери электроэнергии от циркуляции токов, гармоник, кратных трем.

Целью настоящей статьи является выполнение качественного и количественного учета магнитных потерь энергии в стали АТ, намагничивающей реактивной мощности и энергии, вызванные полным спектральным гармоническим составом амплитуды тока холостого хода, а также мощности и энергии искажения.

В настоящей работе предлагается метод, основанный на численном использовании намагничивающей мощности АТ, паспортных данных ($U_{1\phi}, U_{2\phi}, B, i_0, \%, P_{x.x.}, Bm, S_{\text{ном}}, \text{кВА}$), k_f – коэффициента формы кривой намагничивания [6] и условия постоянства намагничивающей мощности Q_x в АТ.

Известным способом определяем величины полной намагничивающей мощности $Q_x (BA)$ и фазного тока холостого хода $I_{0\phi} (A)$ и по известным паспортным данным АТ ($U_{1\phi}, U_{2\phi} B, f_c, \Gamma u, P_{xx}, Bm$) определяем величину активной составляющей тока холостого хода фазы АТ (А):

$$I_{0\phi A} = \frac{P_{xx}}{m_1 \cdot U_{1\phi}}, \quad (3)$$

где m_1 – число фаз сети.

Действующее значение основной гармоники реактивной составляющей намагничивающего тока, соответственно, (А):

$$I_{0\phi r} = \sqrt{I_{0\phi}^2 - I_{0\phi A}^2}. \quad (4)$$

Амплитудное значение реактивной составляющей несинусоидального намагничивающего тока (А) определяется по формуле:

$$i_{0\phi r} = I_{0\phi r} \cdot k_f, \quad (5)$$

где k_f – коэффициент кривой тока намагничивания по [6].

При изготовлении магнитных систем АТ применяются в основном рулонные тонколистовые анизотропные холоднокатаные электротехнические стали марок 3404-3408 толщиной 0,27; 0,30 и 0,35 мм, поэтому в соответствии с разъяснениями, представленными в [6], для АТ с сердечниками, изготовленными из холоднокатаной стали, принимаем $k_f = 1,7$.

Величина реактивной намагничивающей мощности СТ (ВАр) от действия основной гармоники реактивного намагничивающего тока:

$$Q_{x.p} = \sqrt{Q_x^2 - P_{xx}^2} = m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{0\phi r}. \quad (6)$$

Величина реактивной намагничивающей мощности СТ (ВАр) от действия несинусоидального реактивного намагничивающего тока:

$$Q_{\mu} = m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot i_{0\phi r}. \quad (7)$$

Искомая величина мощности искажения в АТ (ВАр) [7]:

$$T = \sqrt{Q_{\mu}^2 - Q_{x.p}^2}. \quad (8)$$

Преобразуем формулу (8) и окончательно получим выражение для определения мощности искажения АТ (ВАр):

$$T = \sqrt{Q_{\mu}^2 - Q_{x.p}^2} = \left[(m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot i_{0\phi r})^2 - (m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{0\phi r})^2 \right]^{1/2} = \left[m_1^2 \cdot U_{1\phi}^2 \cdot I_{0\phi r}^2 \cdot (k_f^2 - 1) \right]^{1/2} = \left[m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{0\phi r} \cdot \sqrt{(k_f^2 - 1)} \right] \quad (9)$$

Суточные потери энергии искажения в АТ (ВАР·ч):

$$\Delta W_T^{(T)} = T \cdot T_p, \quad (10)$$

где $T_p = 24$ ч – время работы АТ на протяжении расчетного периода, в часах.

Величина затрачиваемой в течение суток потерь активной энергии в стали АТ ($Bm \cdot \text{ч}$):

$$\Delta W_T^{(P)} = P_{xx} \cdot T_p. \quad (11)$$

Величина потерь активной энергии холостого хода в стали ($\kappa Bm \cdot \text{ч}$), выделяемых группой одинаковых по мощности АТ в течение года:

$$(12)$$

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_T^{(P)} \cdot N}{10^3} \right), \quad \text{где } n - \text{количество однотипных}$$

х по мощности АТ, шт.;

$N = 365$ - количество дней в году.

Величина максимума магнитной реактивной энергии, выделяемая в магнитопроводе АТ ($BAp \cdot \text{ч}$) от действия основной гармоники намагничивающего тока в течение суток:

$$W_{\text{макс}24}^{(Q_{x.p.})} = Q_{x.p} \cdot T_p. \quad (13)$$

Величина максимума магнитной реактивной энергии, выделяемая в магнитопроводе АТ ($BAp \cdot \text{ч}$) от действия несинусоидального намагничивающего тока в течение суток:

$$W_{\text{макс}24}^{(Q_{\mu})} = Q_{\mu} \cdot T_p. \quad (14)$$

Величина максимума реактивной магнитной энергии в магнитопроводе АТ, созданная основной гармоникой намагничивающего тока и выделяемая группой однотипных по мощности СТ в течение года ($\kappa BAp \cdot \text{ч}$):

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{x.p.})} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_{\text{макс}24}^{(Q_{x.p.})} \cdot N}{10^3} \right). \quad (15)$$

Величина максимума реактивной магнитной энергии в магнитопроводе АТ, созданная полным гармоническим составом тока холостого хода, выделяемая в группе одинаковых по мощности СТ в течение года ($\kappa\text{ВАр}\cdot\text{ч}$):

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q\mu)} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_{\text{макс}24}^{(Q\mu)} \cdot N}{10^3} \right). \quad (16)$$

Ежегодная величина недоучтенной генерирующими компаниями ОРЭ потерь реактивной магнитной энергии в магнитопроводе АТ ($\kappa\text{ВАр}\cdot\text{ч}$) определяется как разность:

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q)} = \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q\mu)} - \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Qx.p.)} \quad (17)$$

Величина потерь энергии искажения ($\kappa\text{ВАр}\cdot\text{ч}$), выделяемая группой одинаковых по мощности АТ в течение года:

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(T)} = \left(\frac{n \cdot \Delta W_T^{(T)} \cdot N}{10^3} \right). \quad (18)$$

Формула для определения суммарных годовых потерь активной энергии в группе одинаковых по мощности АТ ($\text{МВт}\cdot\text{ч}$) будет состоять из суммы активных потерь энергии от токов нагрузки в обмотках и стали этих автотрансформаторов:

$$\sum W_{\text{год.групп}}^{(P)} = \left[\begin{array}{l} \frac{m \cdot n \cdot N}{10^3} \cdot (I_{\text{В.Н.}}^2 \cdot R_{\text{В.Н.}} \cdot k_{\text{В.Н.}}^2 + \\ + I_{\text{С.Н.}}^2 \cdot R_{\text{С.Н.}} \cdot k_{\text{С.Н.}}^2 + \\ + I_{\text{Н.Н.}}^2 \cdot R_{\text{Н.Н.}} \cdot k_{\text{Н.Н.}}^2) \cdot T_p + \\ + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} \end{array} \right]. \quad (19)$$

Аналогичным образом формула для определения суммарных годовых потерь реактивной энергии, выделяемой группой одинаковых по мощности АТ ($\text{МВВА}\cdot\text{ч}$), будет состоять из суммы потерь реактивной энергии в обмотках от тока нагрузки, стали с учетом всего спектра гармоник намагничивающего тока и энергии искажения этих автотрансформаторов:

$$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q)} = \left[\begin{array}{l} \frac{m \cdot n \cdot N}{10^3} \cdot (I_{\text{В.Н.}}^2 \cdot X_{\text{В.Н.}} \cdot k_{\text{В.Н.}}^2 + \\ + I_{\text{С.Н.}}^2 \cdot X_{\text{С.Н.}} \cdot k_{\text{С.Н.}}^2 + \\ + I_{\text{Н.Н.}}^2 \cdot X_{\text{Н.Н.}} \cdot k_{\text{Н.Н.}}^2) \cdot T_p + \\ + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q\mu)} + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(T)} \end{array} \right]. \quad (20)$$

Коэффициент технологичности группы СТ (АТ) эксплуатируемых в электрических сетях одного питающего класса напряжения:

$$k_T = \left[1 - \left(\frac{\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q\mu)} + \Delta W_{\text{год.групп}}^{(T)}}{\sum S_{\text{ном}} \cdot T_p \cdot N \cdot n} \right) \right]. \quad (21)$$

В качестве примера были проведены расчеты потерь в стали магнитопровода намагничивающей мощности энергии, мощности искажения и энергии, выделяемой в АТ типа АТДЦТН-250000/220/110/10(6) кВ, при следующих паспортных данных: $S_{\text{ном}} = 250000 \text{кВА}$; $S_{\text{номНН}} = 125000 \text{кВА}$; номинальные напряжения обмоток: $U_{\text{ВН}} 230000 (\text{РПН} \pm 6 \times 2\%) \text{В}$; $U_{\text{СН}} 121000 \text{В}$; $U_{\text{НН}} 10500 \text{В}$. Схема и группа соединения: $U_{\text{НАВТО}} / \text{Д} - 0 - 11$. Параметры АТ: напряжение короткого замыкания обмоток: $U_{\text{к(ВН-СН)}} = 11,5\%$; $U_{\text{к(ВН-СН)}} = 33,4\%$; $U_{\text{к(СН-НН)}} = 20,8\%$. Потери короткого замыкания: $P_{\text{к(ВН-СН)}} = 520000 \text{Вт}$; потери холостого хода $P_{\text{xx}} = 145000 \text{Вт}$; ток холостого хода $i_0 = 0,5\%$.

Количество установленных СТ – 2 шт.

Результаты расчета показывают, что в силовых АТ напряжением 220 кВ:

- отношение годичной величины потерь активной энергии в стали АТ $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)}$, $\text{МВт}\cdot\text{час}$ к проходной (кажущейся) энергии АТ составляет:

$$\left(\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} / \sum W_{\text{год.групп}}^{(S_{\text{ном}})} \right) = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ о.е.};$$

- годичная величина потерь энергии искажения $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(T)}$ в АТ превышает величину

намагничивающей реактивной энергии $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Qx.p.)}$, образованную первой гармоникой реактивной составляющей тока холостого хода, **в 1,38 раза**;

Данная группа силовых АТ обладает высокой пропускной способностью, так как коэффициент технологичности для них составляет $k_T = 0,988$.

Аналогичным образом проведены расчеты по определению намагничивающей мощности в стали трансформаторов АТ напряжением 220-500 кВ магистральных электрических сетей ГП НЭК «Укрэнерго» [7], а также годичной величины максимальной реактивной энергии и энергии искажения, вызванных основной гармоникой и полным гармоническим спектром амплитуды тока холостого хода, и сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета годичных потерь в стали АТ напряжением 220-500кВ ГП НЭК «Укрэнерго»

№ п/п	Расчетные параметры	Результаты расчета потерь в АТ с первичным напряжением:			
		220	330	500	Суммарные потери в сети 220-500 кВ
1.	$\sum S_{ном}, \text{кВА}$	5030000,00	1360000,00	1753000,00	8143000,00
2.	$\sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}, \text{МВА} \cdot \text{ч}$	44062800	11913600	15356280	71332680
3.	$\Delta W_{год.групп}^{(P)}, \text{МВт} \cdot \text{час}$	24878,40	7708,80	10950,00	43537,20
4.	$\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p})}, \text{МВАр} \cdot \text{час}$	185297,12	94265,84	79839,56	359402,52
5.	$\Delta W_{год.групп}^{(Q_u)}, \text{МВАр} \cdot \text{час}$	315005,11	160251,93	135727,25	610984,29
6.	$\Delta W_{год.групп}^{(T)}, \text{МВАр} \cdot \text{час}$	254741,43	129594,10	109761,25	494096,78
7.	$\Delta W_{год.групп}^{(Q)}, \text{МВАр} \cdot \text{час}$	129707,99	65986,09	55887,69	251581,77
8.	k_T	0,987	0,975	0,983	0,984

Анализ табл. 1 позволяет сделать следующие выводы:

- отношение годичной величины потерь активной энергии в стали АТ $\Delta W_{год.групп}^{(P)}, \text{МВт} \cdot \text{час}$ к проходной (кажущейся) энергии АТ находится в пределах:

$$\left(\frac{\Delta W_{год.групп}^{(P)}}{\sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}} \right) = 5,6 \div 7,1 \cdot 10^{-4} \text{ о.е.};$$

(причем наименьший показатель этих потерь в стали относится к АТ, эксплуатируемым в электрических сетях напряжением 220 кВ, наибольший, – к АТ с питающим напряжением 500 кВ);

- годичная величина потерь энергии искажения $\Delta W_{год.групп}^{(T)}$ в АТ превышает величину намагничивающей реактивной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p})}$, образованную первой гармоникой реактивной составляющей тока холостого хода, **в 1,38 раза**;

- годичная величина реактивной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Q_u)}$, затрачиваемая на намагничивание АТ, образованная полным спектральным составом гармоник реактивной составляющей тока холостого хода, превышает величину намагничивающей

реактивной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p})}$, образованную первой гармоникой реактивной составляющей тока холостого хода, **в 1,70 раза**;

- значения коэффициента технологичности силовых АТ находятся в диапазоне $k_T = 0,975 \div 0,987$. (Наименьшее значение $k_T = 0,975$ относится к силовым АТ с питающим напряжением 330 кВ, наибольшее значение $k_T = 0,987$ – для АТ с подводимым напряжением 220 кВ).

В связи с этим интересно сравнить распределение годичных потерь активной энергии в стали СТ-6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10 (6) кВ при учете несинусоидальности индукции, максимальной реактивной энергии и энергии искажения, вызванных основной гармоникой и полным гармоническим спектром амплитуды тока холостого хода энергоснабжающих компаний ООО «ЛЭО» и ООО «Торговый Дом «Нефтепродукт» [8] с годичными потерями активной энергии в стали, энергии искажения и максимальной реактивной энергии, вызванных основной гармоникой и полным спектральным составом амплитуды тока холостого хода в АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго». Результаты сравнения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительные результаты расчета потерь энергии в стали

№ пп	Расчетные параметры	Распределение потерь при учете несинусоидальности магнитной индукции для СТ энергетических компаний ООО «ЛЭО» и ООО «Торговый Дом «Нефтепродукт» с сочетанием напряжений обмоток								Распределение потерь в АТ 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго»
		6/0,4 кВ		10/0,4 кВ		35/10(6) кВ		110/10(6) кВ и 110/35/10(6)		
		$K'_u = 1,17$	$K''_u = 1,20$	$K'_u = 1,17$	$K''_u = 1,20$	$K'_u = 1,14$	$K''_u = 1,15$	$K'_u = 1,18$	$K''_u = 1,13$	
1.	$\sum S_{\text{ном}}, \text{кВА}$	1618238		1354130,50		2475060		6300900		8143000
2.	$\sum \frac{W_{\text{год.групп}}^{(S_{\text{ном}})}}{MBA \cdot \text{ч}}$	14175764,88		11862183,18		21681525,60		55195884,00		71332680
3.	$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)}$ МВт · час	55273,26	56863,02	45448,83	46756,02	39693,90	40855,45	72194,76	72910,69	43537,20
4.	$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_{x.p})}$ МВАр · час	435986,72	435763,04	350843,88	350648,88	195547,26	195271,16	378826,71	378686,83	359402,52
5.	$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q_u)}$ МВАр · час	915572,11	915102,38	736772,15	736362,65	410649,24	410069,44	795536,09	795242,34	610984,28
6.	$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(T)}$ МВАр · час	805101,15	804688,10	647874,81	647514,72	361101,19	360591,34	699548,43	699290,11	494096,78
7.	$\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q)}$ МВАр · час	479585,39	479339,34	385928,27	385713,77	215101,98	214798,28	416709,38	416555,51	251581,76
8.	$k_T, \text{о.е.}$	0,875	0,875	0,879	0,879	0,963	0,963	0,972	0,972	0,984

K'_u, K''_u – нормальное и предельно допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения по ГОСТ 13109.

Анализ табл. 1 и 2 показывает, что в распределительных электрических сетях (РЭС) напряжением 6-110 кВ энергокомпаний и магистральных электрических сетях напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго» распределение потерь энергии в СТ и АТ происходит следующим образом:

- Для СТ с сочетанием напряжений 6/0,4 кВ:
 - отношение годичной величины потерь активной энергии в стали СТ $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)}$, МВт · час к кажущейся энергии СТ составляет: $(\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} / \sum W_{\text{год.групп}}^{(S_{\text{ном}})}) = 39 \cdot 10^{-4}$ о.е. при нормально допустимом искажении индукции и при предельно допустимом искажении индукции $40,1 \cdot 10^{-4}$ о.е.;
 - коэффициент технологичности СТ-6/0,4 кВ, эксплуатируемых в РЭС напряжением 6 кВ,

принимает значение $k_T = 0,875$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях индукции.

- Для СТ с сочетанием напряжений 10/0,4 кВ:
 - отношение годичной величины потерь активной энергии в стали СТ $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)}$, МВт · час к кажущейся энергии СТ составляет: $(\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)} / \sum W_{\text{год.групп}}^{(S_{\text{ном}})}) = 38,3 \cdot 10^{-4}$ о.е. при нормально допустимом искажении индукции и при предельно допустимом искажении индукции $39,4 \cdot 10^{-4}$ о.е.;

- коэффициент технологичности СТ-10/0,4 кВ, эксплуатируемых в РЭС напряжением 10 кВ, принимает значение $k_T = 0,879$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях индукции.

- Для СТ с сочетанием напряжений 35/10(6) кВ:
 - отношение годичной величины потерь активной энергии в стали СТ $\Delta W_{\text{год.групп}}^{(P)}$, МВт · час к кажущейся энергии СТ составляет:

$(\Delta W_{год.групп}^{(P)} / \sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}) = 18,3 \cdot 10^{-4}$ о.е. при нормально допустимом искажении индукции и при предельно допустимом искажении индукции $18,8 \cdot 10^{-4}$ о.е.;

- коэффициент технологичности СТ-35/10(6)кВ, эксплуатируемых в РЭС напряжением 35 кВ, принимает значение $k_T = 0,963$ при нормально допустимом и предельно-допустимом искажениях индукции.

4. Для СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) и 110/35/10(6) кВ:

- отношение годичной величины потерь активной энергии в стали СТ $\Delta W_{год.групп}^{(P)}$, МВт·час к кажущейся энергии СТ составляет: $(\Delta W_{год.групп}^{(P)} / \sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}) = 13,1 \cdot 10^{-4}$ о.е. при нормально допустимом искажении индукции и при предельно допустимом искажении индукции $13,2 \cdot 10^{-4}$ о.е.;

- коэффициент технологичности СТ-110/10(6) и 110/35/10(6) кВ, эксплуатируемых в РЭС напряжением 110 кВ, принимает значение $k_T = 0,972$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях индукции.

5. Для АТ с подводимым напряжением 220 кВ:

- отношение годичной величины потерь активной энергии в стали АТ $\Delta W_{год.групп}^{(P)}$, МВт·час к кажущейся энергии СТ составляет: $(\Delta W_{год.групп}^{(P)} / \sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}) = 5,6 \cdot 10^{-4}$ о.е.;

- коэффициент технологичности АТ, эксплуатируемых в МЭС напряжением 220 кВ, составляет $k_T = 0,987$ и является наибольшим показателем среди всех групп АТ и СТ, эксплуатируемых в Луганском регионе.

6. Для АТ с подводимым напряжением 330 кВ:

- отношение годичной величины потерь активной энергии в стали АТ $\Delta W_{год.групп}^{(P)}$, МВт·час к кажущейся энергии СТ составляет: $(\Delta W_{год.групп}^{(P)} / \sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}) = 6,5 \cdot 10^{-4}$ о.е.

- коэффициент технологичности АТ, эксплуатируемых в МЭС напряжением 330 кВ, составляет $k_T = 0,975$ и является наинизшим среди групп АТ эксплуатируемых в Луганском регионе, вследствие больших реактивных потерь энергии в данных АТ. Его значение практически не отличается от коэффициента технологичности СТ 110/10(6) и

110/35/10(6) кВ, эксплуатируемых в электрических сетях 110 кВ энергокомпаний.

7. Для АТ с подводимым напряжением 500 кВ:

- отношение годичной величины потерь активной энергии в стали АТ $\Delta W_{год.групп}^{(P)}$, МВт·час к кажущейся энергии СТ составляет: $(\Delta W_{год.групп}^{(P)} / \sum W_{год.групп}^{(S_{ном})}) = 7,1 \cdot 10^{-4}$ о.е.;

- коэффициент технологичности АТ, эксплуатируемых в МЭС напряжением 500 кВ, составляет $k_T = 0,983$ и является несколько меньшим чем у АТ с подводимым напряжением 220 кВ вследствие больших активных потерь энергии в стали.

Для сравнительного анализа построим следующие зависимости:

$$S_{ном} = f(U_{ном}), k_T = f(U_{ном}), \text{ а также } \Delta W_{год.групп}^{(Pxx)}, \Delta W_{год.групп}^{(Qx.p.)}, \Delta W_{год.групп}^{(Q\mu)}, \Delta W_{год.групп}^{(T)} = f(U_{ном}).$$

Анализ зависимостей, представленных на рис.1 и 2, позволяет сделать заключение о том, что k_T для СТ напряжением 6-110 кВ суммарная номинальная мощность групп СТ напряжением 6-110 кВ энергокомпаний и групп АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго» варьируются в широких пределах.

Значение k_T для СТ напряжением 6-110 кВ (рис.1) изменяется в диапазоне: $0,875 \div 0,972$. Причем наименьшее значение $k_T = 0,875$ относится к СТ с сочетанием напряжений 6/0,4 кВ, наибольшее $k_T = 0,972$ – к СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) кВ и 110/35/10(6) кВ.

Однако для силовых АТ напряжением 220-500 кВ значение $k_T = 0,975 \div 0,987$ (рис.2) принимает более стабильные значения в сравнении с СТ напряжением 6-110 кВ. Наименьшее значение $k_T = 0,975$ относится к силовым АТ с питающим напряжением 330 кВ, наибольшее значение $k_T = 0,987$ – для АТ с подводимым напряжением 220 кВ.

Обобщающий анализ табл. 1,2 и рис.1-3 позволяет сделать следующие заключения:

- суммарные годовые потери активной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Pxx)}$ в стали СТ напряжением 6-110 кВ превышают суммарные годовые потери активной энергии в стали АТ напряжением 220-500 кВ в **4,88 раза** при нормально допустимом искажении индукции и в **4,99 раза**–при предельно допустимом искажении индукции;

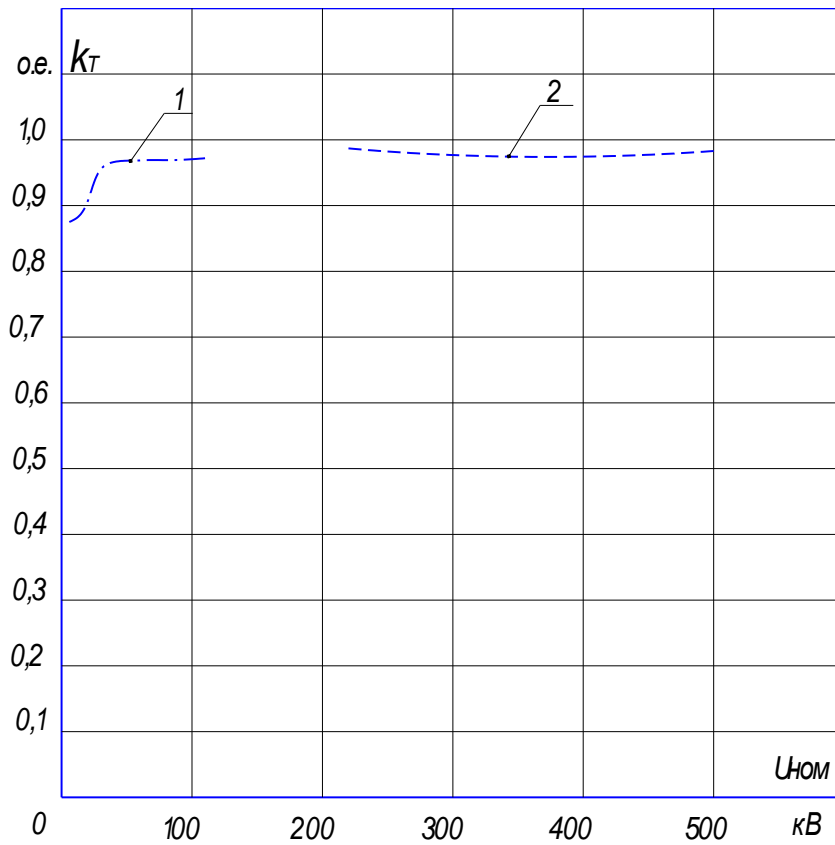


Рис.1. График зависимости $k_T = f(U_{ном})$ для: 1-СТ напряжением 6-110 кВ энергокомпаний; 2-АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго»

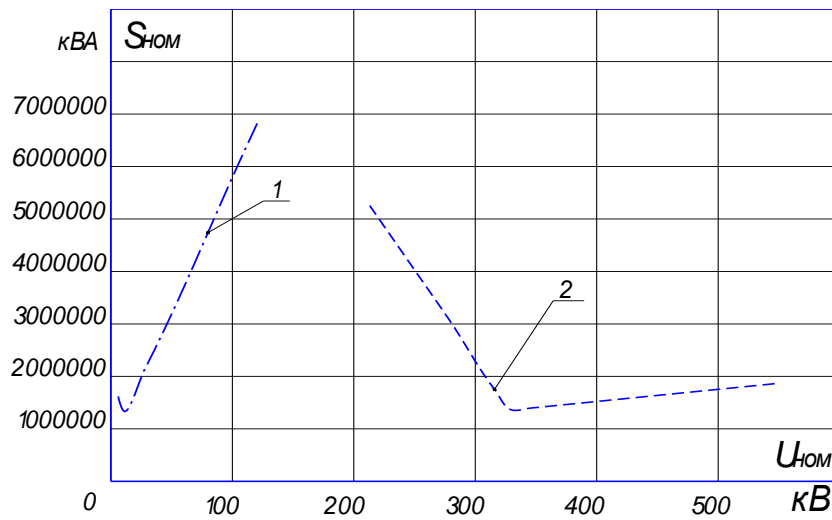


Рис.2. График зависимости $S_{ном} = f(U_{ном})$ для: 1-СТ напряжением 6-110 кВ энергокомпаний; 2-АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго»

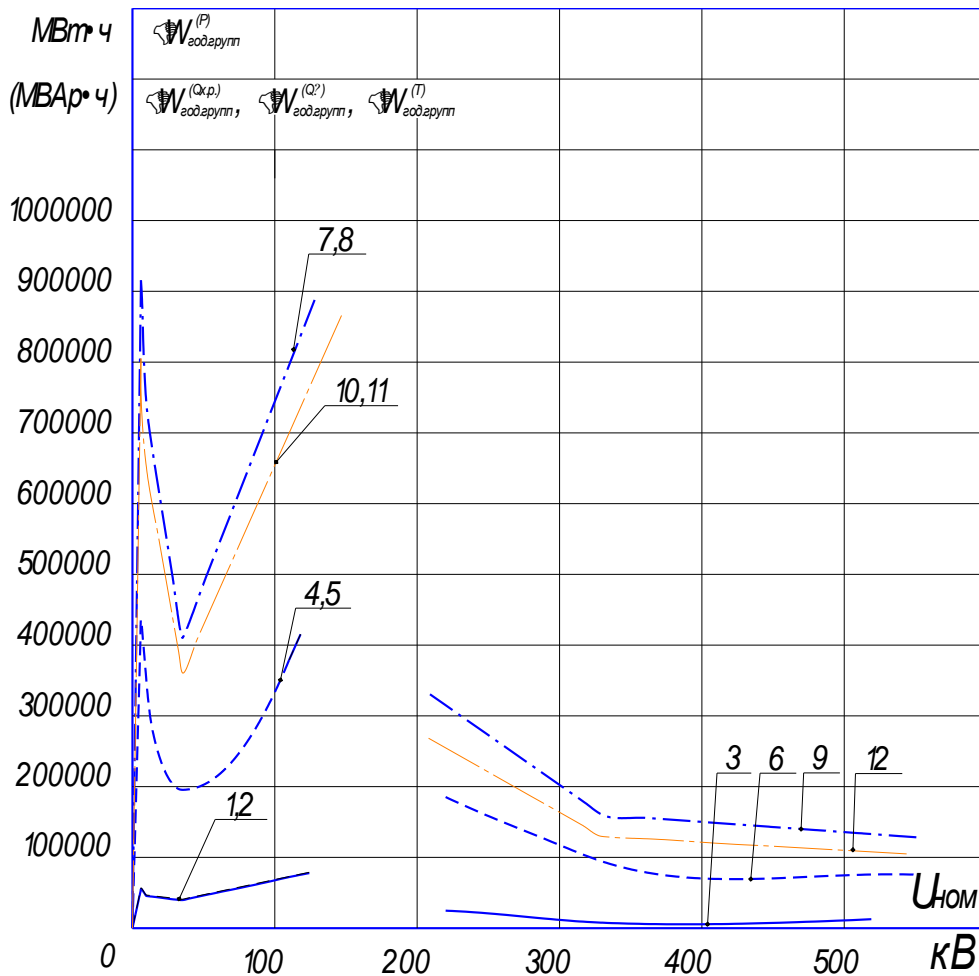


Рис. 3. Графики распределения потерь $\Delta W_{год.групп}^{(P_{xx})}, \Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})}, \Delta W_{год.групп}^{(Q_{\mu})}, \Delta W_{год.групп}^{(T)} = f(U_{ном})$ в СТ напряжением 6-110 кВ энергокомпаний и АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго» в Луганском регионе: 1,2 - для СТ $\Delta W_{год.групп}^{(P_{xx})} = f(U_{ном})$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях магнитной индукции; 3-для АТ $\Delta W_{год.групп}^{(P_{xx})} = f(U_{ном})$; 4,5 - для СТ $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})} = f(U_{ном})$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях магнитной индукции; 6- для АТ $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})} = f(U_{ном})$; 7,8 – для СТ $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{\mu})} = f(U_{ном})$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях магнитной индукции; 9- для АТ $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{\mu})} = f(U_{ном})$; 10,11- для СТ $\Delta W_{год.групп}^{(T)} = f(U_{ном})$ при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях магнитной индукции; 12-для АТ $\Delta W_{год.групп}^{(T)} = f(U_{ном})$

- годовая величина потерь энергии искажения $\Delta W_{год.групп}^{(T)}$ в СТ напряжением 6-110 кВ превышает величину намагничивающей реактивной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})}$ образованную первой гармоникой реактивной составляющей тока холостого хода при нормально допустимом и предельно допустимом искажении индукции в **1,85 раза**, а в АТ напряжением 220-500 кВ превышение между величинами $(\Delta W_{год.групп}^{(T)} / \Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})})$ составляет **1,38 раза**.

- годовая величина реактивной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{\mu})}$, затрачиваемая на намагничивание СТ 6-110 кВ, образованная полным спектральным составом гармоник реактивной составляющей тока холостого хода, превышает величину намагничивающей реактивной энергии $\Delta W_{год.групп}^{(Q_{x.p.})}$, образованную первой гармоникой реактивной составляющей тока холостого хода, в **2,10 раза** при нормально допустимом и предельно допустимом искажениях индукции, а в АТ напряжением 220-500

кВ это превышение между величинами $(\Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q\mu)} / \Delta W_{\text{год.групп}}^{(Q.p.)})$ составляет: **1,7 раза**;

- значения коэффициента технологичности СТ напряжением 6-110 кВ, эксплуатируемых в РЭС напряжением 6-110 кВ, находятся в диапазоне $k_T = 0,875 \div 0,972$. Наименьшее значение $k_T = 0,875$ относится к СТ с сочетанием напряжений 6/0,4кВ, наибольшее значение $k_T = 0,972$ – для СТ с сочетанием напряжений 110/10(6) и 110/35/10(6) кВ;

- значения коэффициента технологичности у силовых АТ, эксплуатируемых в магистральных электрических сетях напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго», выше чем у СТ напряжением 6-110 кВ и находятся в пределах $k_T = 0,975 \div 0,987$. Наименьшее значение $k_T = 0,975$ относится к силовым АТ с питающим напряжением 330 кВ, наибольшее значение $k_T = 0,987$ – для АТ с подводимым напряжением 220 кВ

Выводы. 1. Предложена методика расчета, позволяющая определить намагничивающую реактивную мощность и энергию, вызванные основной–первой гармоникой и полным спектральным гармоническим составом амплитуды тока холостого хода, а также мощность и энергию искажения в стали силовых АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго», вызванные различием форм гармонического состава у тока и напряжения.

2. Для оценки потерь представлены сравнительные результаты расчета годовых потерь активной энергии в стали СТ-6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ, 35/10(6) кВ, 110/10(6) кВ и 110/35/10 (6) кВ при учете несинусоидальности магнитной индукции, максимальной реактивной энергии и энергии искажения, вызванных основной гармоникой и полным гармоническим спектром амплитуды тока холостого хода с годовыми потерями активной энергии в стали без учета несинусоидальности магнитной индукции, максимальной реактивной энергии, вызванных основной гармоникой и полным гармоническим спектром амплитуды тока холостого хода и энергии искажения в АТ напряжением 220-500 кВ ГП НЭК «Укрэнерго».

3. Для уменьшения потерь в стали СТ и АТ целесообразно при их изготовлении использовать сорта холоднокатаной, анизотропной электротехнической стали толщиной не менее 0,27 мм, с низким уровнем удельных потерь (0,85 Вт/кг при индукции 1,7 Тл).

4. Рекомендуются применять рекристаллизационный отжиг пластин трансформаторных сталей, который позволяет существенно снизить реактивную составляющую тока холостого хода и тем самым снизить потери энергии, затрачиваемой на намагничивание СТ и

АТ, и энергии искажения в формах гармонического состава тока и напряжения.

5. Для существующих СТ и АТ в распределительных и магистральных электрических сетях необходима разработка методов подавления высших гармоник, включая применение управляемых фильтрокомпенсирующих устройств, предназначенных для снижения искажений в кривой напряжения 10(6) кВ, батарей статических конденсаторов в электрических сетях напряжением 6-220 кВ и статических тиристорных конденсаторов реактивной мощности, позволяющих мгновенно вводить емкостную или индуктивную составляющие в зависимости от характера нагрузки, а также поддерживать необходимый уровень генерации реактивной мощности.

Л и т е р а т у р а

1. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/> дата обращения 01.06.2017 года;
2. «Методические рекомендации определения технологических расходов электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи», утвержденных Приказом Министерства энергетики и угольной промышленности Украины от 21.06.2013 года № 399.– 42с.
3. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. 3-е изд., перераб.–Л.: Энергия, 1978.– 832 с.
4. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов: Учеб. пособие для вузов. 5-е изд., перераб. и доп.–М.: Энергоатомиздат, 1986.– 582 с.
5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. В трех частях. Учебник для энергетических и электротехнических вузов и факультетов. 4-е изд., – М.: Высшая школа, 1964.– 749 с.
6. Артемьев Д.Е. Статистические основы выбора изоляции линий электропередачи высших классов напряжения/ Д.Е.Артемьев, Н.Н. Тиходеев, С.С. Шур.-М.-Л.: Энергия, 1965.– 376 с.
7. Лейтес Л.В. Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов. – М.: Энергия, 1981.– 392 с.
8. Сырцов А.И. Расчет магнитных потерь в стали силовых трансформаторов с учетом несинусоидальности магнитной индукции/А.И. Сырцов, Д.И. Половинка, О.С. Парсентьев//Научный журнал «ВЕСТНИК Луганского национального университета имени Владимира Даля» №2 (4) Часть 2, 2017. стр. 9-15.

R e f e r e n c e s

1. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/> date accessed 01.06.2017 years;
2. Methodological recommendations for determining the technological costs of electric energy in transformers and power transmission lines approved by the Order of the Ministry of energy and coal industry of Ukraine dated 21.06.2013, № 399. – 42 p.;
3. Voldek A.I. Electrical machines. Textbook for student's higher technically educational institute. 3-rd pub., rev. – L.: Energy, 1978. – 832 p.
4. Tikhomirov P.M. Calculation of transformers: Textbook for high schools. 5 th edition, revised. And additional.– M: Energoatomizdat, 1986. – 582 p.
5. Bessonov L.A. Theoretical bases of electrical engineering. In three parts. A textbook for energy and

electrical engineering universities and faculties. 4 th ed., – М.: Higher School, 1964. – 749 p.

6. Artemyev D.E. Statistical Structures for Choosing Isolation of Power Transmission Lines of Higher Voltage Classes / D.E. Artemyev, N.N. Tikhodeev, S.S. Shur -M.:Energy, 1965. – 376 p.

7. Leites L.V. Electromagnetic transformers and calculations reactors. - М.: Energy, 1981. – 392 p.

8. Syrtsov A.I. Calculation of magnetic losses of energy in steel of power transformers with the account of non-invisibility of magnetic induction/ A.I. Syrtsov, D.V.Polovinka, O.S. Parsentiev// The scientific journal «VESTNIK Lugansk Vladimir Dahl national university» №2 (4) P 2, 2017. p. 8-14.

Syrtsov A.I., Polovinka D.V., Parsentiev O.S.
UPDATE CALCULATION AND COMPARATIVE ANALYSIS DISTRIBUTION OF MAGNETIC LOSS OF ENERGY IN STEEL AUTOTRANSFORMERS VOLTAGE 220-500 KV AND POWER TRANSFORMERS 6-110 KV IN LUGANSK REGION

To determine the magnetic energy losses in the steel of power autotransformers (AT) with a voltage of 220-500 kV, a method based on the numerical use of magnetizing power, passport data, the magnetization curve shape factor and the condition of the magnetizing power constant is proposed.

The calculation of the magnetizing reactive power and energy, caused by the main-first harmonic and the total spectral harmonic composition of the amplitude of the no-load current, power and distortion energy in the steel of power AT 220-500 kV, caused by the difference in harmonic composition forms for current and voltage, and accounting for additional losses of electricity from the circulation of currents, harmonics of multiple three.

A comparative analysis of the distribution of magnetic energy losses in AT steel and power transformers (PT) with a voltage of 6-110 kV in the Lugansk region was carried out.

A number of measures have been proposed to reduce the level of these energy losses in the AT and PT of the Lugansk region.

Keywords: autotransformer, three-phase power transformer, tertiary winding, throughput, annual active energy losses in steel, annual maximum of reactive energy,

annual energy losses of distortion, harmonic composition, no-load current.

Сырцов Анатолий Иванович, к.т.н. доцент кафедры «Электромеханика» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Syrtsov Anatoli Ivanovich, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Electromechanics», State Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk Vladimir Dahl National University».

E-mail: syrts ov.@ lds.net.ua

Половинка Дмитрий Васильевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедры «Электротехнические системы электропотребления» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Polovinka Dmitri Vasilevich, Candidate of Sciences, a dosent of the Chair «Electrotechnical Systems of Electroconsumption», State Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk Vladimir Dahl National University».

E-mail: pdv-ese@mail.ru

Парсентьев Олег Сергеевич, ассистент кафедры «Электротехнические системы электропотребления» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля», г. Луганск.

Parsentiev Oleg Sergeivich, a chair assistant of «Electrotechnical Systems of Electroconsumption», State Educational Establishment of Higher Professional Education «Lugansk Vladimir Dahl National University»

E-mail: parsentevo@mail.ru

Рецензент: Тарасенко Олег Владимирович, кандидат технических наук, доцент, декан факультета электротехнических систем ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 20.06.2017 года

УДК 621.833.1

СИНТЕЗ ФУНКЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ НЕКРУГЛЫМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЕСАМИ ДЛЯ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

Утутов Н.Л., Муховатый А.А.

SYNTHESIS of FUNCTION of TRANSMISSION RELATION of TRANSMISSION by UNROUND GEAR-WHEELS FOR KROVOSHIPNOGO OVERSEAS MECHANISM

Ututov N.L., Muhovatiy A.A.

Предложен метод определения передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма с некруглыми зубчатыми колесами в приводе кривошипа.

Ключевые слова: кривошипно-ползунный механизм, некруглые зубчатые колеса, передаточное отношение, угол поворота.

Актуальность задачи. Кривошипно-ползунные механизмы позволяют преобразовывать вращательное движение кривошипа в поступательное движение ползуна (поршня). Передаточное отношение этих механизмов близкое к синусоидальной функции.

В ряде случаев технологических задач требуется иметь специальную функцию передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма в составе технологической машины или станка.

Для получения необходимого передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма применяют в дополнение к нему другие механизмы, например, рычажные.

Обеспечить заданное по технологическим условиям машины передаточное отношение кривошипно-ползунным механизмам возможно при помощи передач с переменным передаточным отношением, помещенным в привод кривошипа.

Таковыми являются передачи некруглыми колесами, помещенные в привод кривошипа, обладающие компактностью и надежностью.

Анализ литературы. Вопросы кинематики и динамики классических кривошипно-ползунных механизмов, центральных и дезаксиальных, рассмотрены в ряде работ [1, 2]. Однако отсутствует рассмотрение проблемы с учетом передач некруглыми зубчатыми колесами в приводе кривошипа кривошипно-ползунных механизмов.

Цель статьи: представить вопросы определения функции передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма для выполнения заданных технологических операций машиной, в составе которой находится передача некруглыми колесами.

Рассмотрим аксиальный кривошипно-ползунный механизм с передачей некруглыми зубчатыми колесами в приводе кривошипа (рис. 1).

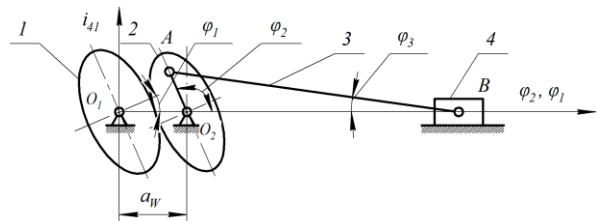


Рис. 1. Кинематическая схема кривошипно-ползунного механизма с некруглыми зубчатыми колесами

В общем виде передаточное отношение описывается выражением

$$i_{41} = i_{21} i_{42}, \quad (1)$$

где i_{21} – функция передаточного отношения передачи некруглыми колесами;

i_{41} – функция передаточного отношения кривошипно-ползунного механизма, для аксиального механизма [1]:

$$i_{42} = \sin \varphi_2 (1 + \lambda \cos \varphi_2), \quad (2)$$

где φ_2 – угол поворота кривошипа;

λ – характеристика механизма:

$$\lambda = \frac{l_2}{l_3}, \tag{3}$$

где l_2 и l_3 – длина кривошипа и длина коромысла соответственно.

Требуемое передаточное отношение i_{41} может быть задано в аналитической или графической форме в виде графика в координатах $i_{41}O\varphi_1$ (φ_1 – угол поворота ведущего некруглого колеса в приводе кривошипа). Кроме этого, функция i_{41} может быть оговорена для определенных ее участков.

Из зависимости (1) с учетом (2) определяют:

$$i(\varphi_1) = i_{21} = \frac{i_{41}}{i_{42}} = \frac{i_{41}}{\sin\varphi_2(1 + \lambda \cos\varphi_2)}. \tag{4}$$

В соответствии с заданием проводят вычисления и строят график функции i_{42} в координатах $i_{42}O\varphi_2$. Результаты вычислений функции i_{42} при постоянном φ_2 на абсциссе.

Для построения функции i_{42} принимаем масштаб:

$$\mu_i = \frac{i_{42max}}{H}, \tag{5}$$

где i_{42max} – максимальное значение i_{42} ;

H – отрезок на графике соответствует максимальному значению i_{42} ; проводят вычисления i_{42} , значения которого сводят в таблицу и строят график функции i_{42} в координатах $i_{42}O\varphi_2$ за полный оборот кривошипа (рис. 2).

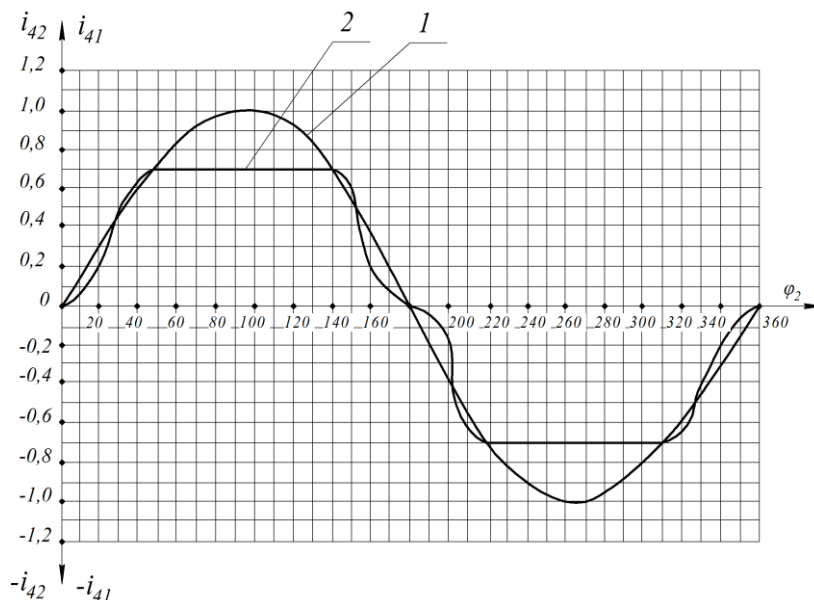


Рис. 2. Графики передаточных отношений кривошипно-ползунного центрального механизма: 1 – с равномерным вращением кривошипа; 2 – с некруглыми колесами в приводе кривошипа

Совмещают оси координат $i_{42}O\varphi_2$ с $i_{41}O\varphi_1$. При этом деления на абсциссах $O\varphi_2$ и $O\varphi_1$ размещают одинаковое количество через равные промежутки между делениями отрезков.

Если функция i_{41} задана графически, то строят ее график в масштабе (5). Если же функция i_{41} не задана, но известны требования к проектируемому механизму, то в координатах $i_{41}O\varphi_1$ (рис. 2) строят график этой функции. Здесь угол φ_1 принимают равным φ_2 .

Измеряют величины координат i_{41} и i_{42} на графиках (рис. 2) с учетом масштаба (5) для каждого значения φ_1 , заносят в таблицу.

Пользуясь результатами измерений в таблице, по формуле (4) вычисляют значения i_{21} и заносят в таблицу для каждого значения φ_1 (рис. 2).

Вычисленные значения i_{21} можно использовать при проектировании зубчатой передачи некруглыми колесами.

При проектных расчетах кривошипно-ползунного механизма с передачей некруглыми колесами, а также исследованиях целесообразно пользоваться табличными данными функции i_{41} и величиной i_{42} , вычисленными так же в промежутках между делениями абсцисс $O\varphi_2$ и $O\varphi_1$.

Так как в функциях (2) и (4) имеется функция $\sin \varphi_2$, которая при $\varphi_2 = 0$ (в конечных точках перемещения ползуна) превращается в нуль и в выражении (4) превращает передаточное отношение передачи некруглыми колесами в нуль, что недопустимо, то разложим функцию $\sin \varphi_2$ в ряд Фурье и ограничимся двумя членами ряда:

$$\sin \varphi_2 = \frac{2}{\pi} - \frac{4}{\pi} \frac{\cos 2\varphi_2}{3} = 0,4246(1,5 - \cos 2\varphi_2). \quad (6)$$

Тогда с учетом (6) выражение (4) принимает вид:

$$i(\varphi_1) = \frac{i_{41}}{0,4246(1,5 - \cos 2\varphi_2)(1 + \lambda \cos \varphi_2)}. \quad (7)$$

Так как на графиках i_{41} , i_{42} и i_{21} абсциссы одинаковые, а ординаты разные, то для определения размеров центроид, их элементов, а также размеров колес передачи некруглыми колесами можно использовать данные для i_{21} из таблицы или воспользоваться формулой (7), приняв за параметр $\varphi_2 = \varphi_1$ (см. графики рис. 2).

Функция положения ведущего некруглого колеса и кривошипа определяется зависимостью

$$\varphi_2 = \varphi_1 i(\varphi_1). \quad (8)$$

Данное решение по определению переменного передаточного отношения передач некруглыми колесами для привода кривошипа кривошипно-ползунного механизма одинаково распространяется на дезаксиальные кривошипно-ползунного механизмы и другие механизмы того же назначения.

Выводы. Разработан метод определения переменного передаточного отношения передач для привода кривошипа кривошипно-ползунных механизмов. Получена математическая зависимость передаточного отношения для синтеза передач некруглыми зубчатыми колесами для привода кривошипа.

В качестве передач с переменным передаточным отношением так же могут быть синтезированы ременные передачи с зубчатыми ремнями, цепные передачи и другие механизмы.

Л и т е р а т у р а

1. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиноведение, 1969. – 594 с.

2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 639 с.

3. Утутов Н.Л. Уравнительные зубчатые передачи. – Луганск: изд-во ВУГУ, 1997. – 112 с.

4. Утутов Н.Л., Носко П.Л., Филь П.В. Основы теории и проектирования передач некруглыми зубчатыми колесами. – Луганск: изд-во ВГУ, 2005. – 320 с.

5. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – Физматиз., 1962. – 608 с.

References

1. Kozhevnikov S.N. Teorija mehanizmov i mashin. – M.: Mashinovedenie, 1969. – 594 s.

2. Artobolevskij I.I. Teorija mehanizmov i mashin. – M.: Nauka, 1975. – 639 s.

3. Ututov N.L. Uravnitel'nye zubchatye peredachi. – Lugansk: izd-vo VUGU, 1997. – 112 s.

4. Ututov N.L., Nosko P.L., Fil' P.V. Osnovy teorii i proektirovaniya peredach nekruglymi zubchatymi kolesami. – Lugansk: izd-vo VNU, 2005. – 320 s.

5. Bronshtejn I.N., Semendjaev K.A. Spravochnik po matematike. – Fizmatiz., 1962. – 608 s.

Ututov N.L., Muhovaty A.A.

SYNTHESIS OF FUNCTION OF TRANSMISSION RELATION OF TRANSMISSION BY UNROUND GEAR-WHEELS FOR KROVOSHIPNOGO OVERSEAS MECHANISM

A method for determining the gear ratio of a crank-slider mechanism with non-circular gear wheels in a crank drive is proposed.

Keywords: crank slider mechanism, non-circular gears, gear ratio, angle of rotation.

Утутов Н.Л. – проф. кафедры машиноведения института инженерной механики Луганского национального университета имени Владимира Даля.

Муховатый А.А. – доц. кафедры машиноведения института инженерной механики Луганского национального университета имени Владимира Даля.
E-mail: mukhovaty@mail.ru

Ututov Nikolay – professor of department of engineering science Institute of Engineering Mechanics Lugansk Volodymyr Dahl National University.

Muhovaty Alexander – associate professor of department of engineering science Institute of Engineering Mechanics Lugansk Volodymyr Dahl National University.
E-mail: mukhovaty@mail.ru

Рецензент: Нечаев Г.И. д.т.н, профессор, директор института транспорта и логистики Луганского национального университета имени Владимира Даля.

Статья подана 31.03.2017

УДК 528.5

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ МОЛОДЕЖИ НА ВОЕННОЙ КАФЕДРЕ ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

Коровин М.А.

THE STATE AND PROSPECTS OF THE PATRIOTIC EDUCATION OF YOUTH IN THE MILITARY DEPARTMENT OF LUHANSK NATIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER VOLODYMYR DAHL

Korovin M.A.

В статье представлены результаты исследования актуального состояния деятельности представителей образовательных, общественных организаций и объединений по патриотическому воспитанию молодежи, анализируются типичные проблемы и методика военно-патриотического воспитания студентов на военных кафедрах.

Ключевые слова: патриотизм, патриотическое воспитание, формы и методы патриотической работы с молодежью, военно-патриотическое воспитание в высших учебных заведениях.

В современной сложной военно-политической обстановке, в условиях идеологического вакуума, в которых находится наша республика, единственно прочной, цементирующей основой для сохранения целостности и сохранения Луганской Народной Республики могут быть только идеи патриотизма, так как другие идеи в нашем нестабильном, далеком от согласия и уступок обществе не могут играть роль силы, спланивающей наш народ.

К сожалению, в последние годы почему-то мало уделяли и уделяют внимания патриотическому воспитанию молодежи. Это привело к резкому снижению престижа нравственности, росту интересов сугубо личного, прагматического плана.

Военно-патриотическое воспитание является составной частью всей системы воспитания в обществе и должно представлять повседневную, целенаправленную деятельность государства, институтов и учреждений по формированию в первую очередь у молодежи внутренней готовности и способности к активному участию в вооруженной защите своего Отечества.

Как показывает опыт, решать проблемы подготовки к защите своей Родины нужно на государственном уровне. Людями долга не рождаются, ими становятся.

В различных исследованиях подробно изложены различные направления, формы, этапы и методы патриотического воспитания, реализуемые на современном этапе. И одним из этих направлений является обучение и воспитание студентов на военных кафедрах высших учебных заведений.

Вопрос создания и функционирования военных кафедр в университетах был поднят Главой Луганской Народной Республики Плотницким И.В. и руководителями силовых структур еще в начале 2015 года. Это было вызвано тем, что военно-политическая обстановка в республике требовала и требует подготовки мобилизационного резерва личного состава и в первую очередь офицерских кадров.

Это актуально еще и потому, что в настоящее время только формируется фундамент для создания средних и высших военных учебных заведений ЛНР. Но на это нужно время, средства и квалифицированный профессорско-преподавательский состав.

И здесь на повестке дня стал вопрос, как по-новому можно и нужно готовить офицерские кадры в высших учебных заведениях, чтобы в силовые структуры нашей республики приходили люди, которые имели бы воинскую специальность, владели оружием, могли профессионально руководить личным составом и в случае введения чрезвычайного положения первыми встать на защиту своего государства.

Для решения этой проблемы Совет Министров Луганской Народной Республики 31 мая 2016 года принимает Постановление №284 «Об утверждении Положения о военных кафедрах при государственных образовательных учреждениях высшего образования», а Распоряжением №863-р от 9 августа 2016 года обязывает создать военные кафедры в каждом ВУЗе нашей республики с

указанием конкретного профиля подготовки офицеров запаса.

Что дало создание военной кафедры при Луганском национальном университете имени Владимира Даля?

В первую очередь Луганской Народной Республике:

1. Военная кафедра расширила масштаб подготовки офицеров запаса по наиболее сложным и востребованным военно-учетным специальностям.

2. Часть офицеров запаса, которая пополнит офицерский строй по контракту после окончания ВУЗа, будет способна без серьезной дополнительной учебы командовать вверенным личным составом и управлять боевой техникой и вооружением.

3. Наличие военной кафедры позволит обеспечить Луганскую Народную Республику военно-обученным мобилизационным людским резервом.

Для студентов, обучающихся на военной кафедре:

1. Будущие дипломированные специалисты исполнят свой конституционный долг одновременно с получением высшего образования.

2. Студенты получают кроме основной, гражданской, профессии вторую, военную, специальность, которой смогут воспользоваться при необходимости по контракту или желанию.

3. Комбинированная система обучения поможет студентам совершенствовать знания и навыки, полученные по гражданской специальности в ВУЗе при прохождении учебных сборов (стажировки), если гражданская и военная специальности родственны, идентичны.

4. Полученная в университете военная специальность упростит после окончания ВУЗа возможность трудоустройства, в том числе на государственную или муниципальную службу. Путь туда молодым людям, избежавшим службу без законных оснований, в ближайшие годы будет закрыт, как в Российской Федерации.

5. Годы учебы на военной кафедре позволят повысить культурный и духовный уровень выпускников нашего ВУЗа на основах общенационального патриотизма и уважения к Конституции Луганской Народной Республики и стать достойными представителями особой категории нашей интеллигенции.

Учебно-воспитательный процесс на военной кафедре имеет ряд особенностей, отличающих его от учебно-воспитательного процесса гражданского ВУЗа.

Содержание, цель и задачи воспитания студентов на военной кафедре определяются в первую очередь тем, что будущим офицерам будет доверена особая по важности и характеру задача встать, при необходимости, на вооруженную защиту нашего независимого государства, мирного труда граждан Луганской Народной Республики.

Важнейшая особенность обучения на военной кафедре состоит еще и в том, что наряду со всесторонним развитием личности студенты одновременно получают гражданское и военно-профессиональное образование определенного уровня и профиля. При этом военная кафедра готовит не просто военного специалиста, офицера запаса, но, прежде всего, организатора, военного педагога, воспитателя будущих своих подчиненных, даже если он будет востребован только по гражданской специальности, полученной в стенах университета.

Военно-экономическая блокада Луганской Народной Республики, наличие сложной боевой техники и вооружения побудило обратить более пристальное внимание на морально-психологическую подготовку будущих офицеров. Стать офицером – непростое дело. Для этого нужно не только овладеть военной специальностью, научиться обращаться с оружием и техникой, но и освоить еще немало других солдатских, а порой житейских премудростей.

Поэтому учебно-воспитательный процесс осуществляется при ношении студентами военной формы установленного образца в обстановке строгого воинского порядка и уставных взаимоотношений, являющихся важнейшим условием воспитания студентов, будущих офицеров. Это способствует формированию у них дисциплинированности, организованности, сплоченности, умения работать с людьми, критически оценивать достигнутое.

Немаловажным является то, что часть учебно-воспитательного процесса осуществляется не только в классах и лабораториях, но и в полевых условиях, обстановке, приближенной к боевой. Это имеет большое значение для формирования у студентов необходимых качеств организаторов и руководителей, умеющих действовать в сложных, иногда критических условиях боевой и повседневной обстановки.

Требования к подготовке офицерских кадров реализуются в ходе всего учебно-воспитательного процесса, всей жизни и деятельности коллектива ВУЗа. На претворение в жизнь этих требований непосредственно влияет вся обстановка в университете, но ведущая роль в решении этой задачи принадлежит профессорско-преподавательскому составу военной кафедры.

Преподаватель военной кафедры – центральная фигура в учебно-воспитательном процессе. Он призван решать комплексную задачу – дать обучаемым глубокие идейно-теоретические, военные, военно-технические знания и одновременно сформировать необходимые политические, морально-боевые и физические качества, присущие офицерскому составу.

Этим требованиям соответствуют качество преподавания на кафедре, теоретический и методический уровень проведения занятий,

авторитет преподавателей, который определяется степенью их профессионализма как старших офицеров запаса с многолетним сроком службы в войсках и участием в боевых действиях при выполнении интернационального долга.

Это оказывает большое воспитательное влияние на студентов, вызывает у них чувство гордости за свой ВУЗ и военную кафедру. Поэтому важнейшим принципом учебно-воспитательного процесса на военной кафедре является органическое единство обучения и воспитания.

Воспитанию студентов на военной кафедре способствует и ряд положительных факторов. Первым и основным из них является то, что студент приходит на кафедру не со школьной скамьи, а после 2-3 лет учебы в университете, где уже формируется прочный фундамент осознанного патриотизма и его высшего проявления – готовности к защите своей Родины.

В качестве средств патриотического воспитания в университете практикуются научные и патриотические кружки, конференции, круглые столы, олимпиады, патриотические и краеведческие клубы, лекции, беседы, дискуссии, встречи с ветеранами войны и труда, участие в смотрах по физической подготовке, участие в спортивно-военнопригодных играх, участие в туристических путешествиях, краеведческих экскурсиях, спортивных туристических походах по родному краю с многодневным пребыванием в естественных природных условиях и т. д.

Благодаря этому у студентов развивается самосознание, воля, способность управлять своими действиями, поступками и формируются основные черты патриотизма.

Огромное значение имеет и военно-профессиональный отбор кандидатов для дальнейшего обучения на военной кафедре.

На этом этапе дается оценка кандидатов по нескольким критериям с целью прогнозирования их военно-профессиональной пригодности. В зависимости от применяемых критериев существует отбор: по морально-политическим и психологическим качествам, уровню теоретической и физической подготовки, по медицинским показателям.

Эта информация позволяет точнее определить профессиональную пригодность кандидата и служит исходным материалом для последующей индивидуальной учебно-воспитательной работы с ним в период обучения на военной кафедре.

В процессе обучения на военной кафедре широко применяется кураторство – закрепление за учебными группами лучших преподавателей. Куратор может успешно работать лишь с учетом индивидуально-психологических особенностей каждого студента своей группы.

Индивидуальный подход дает возможность куратору помочь обучаемому работать с полной отдачей сил и возможностей: успешно усваивать

учебную программу, развивать свои способности, непрерывно совершенствовать идейно-политический и военно-технический уровень, методическую и физическую подготовку.

Существенную роль в формировании военно-профессиональной направленности и воспитания у молодежи положительных общественно значимых мотивов выбора профессии офицера играет, прежде всего, целенаправленная воспитательная работа.

Поэтому в условиях сложной военно-политической обстановки для нашей Республики необходимо в ВУЗах с первого года обучения уделять больше внимания формированию духовно-нравственных, гражданских и мировоззренческих качеств личности, которые проявляются в любви к Родине, к своему дому, в стремлении и умении беречь и умножать традиции, ценности нашего народа, своей национальной культуры, в любви к малой родине, готовности к ее защите.

Это позволит сформировать у каждого студента желание получить военное образование уже в стенах университета, чтобы в условиях военных конфликтов выступить умелым, всесторонне подготовленным участником боевых действий и защитником нашего независимого государства.

Завершающим этапом обучения на военной кафедре является проведение учебного сбора.

Учебный сбор является составной частью военной подготовки. Предназначен для практического ознакомления с деятельностью войск, их опытом, вооружением и боевой техникой, организацией обучения и воспитания личного состава, мероприятиями по поддержанию высокой боевой готовности и приобретения практического опыта деятельности по своей основной гражданской специальности.

По завершению учебных сборов обучаемые проходят итоговую аттестацию по военной подготовке, в ходе которой устанавливается уровень их теоретической и практической подготовки для выполнения военно-профессиональных задач и соответствие квалификационным требованиям, предъявляемым к выпускникам военных кафедр.

Лицу, прошедшему итоговую аттестацию по военной подготовке и принявшему присягу, в установленном порядке присваивается соответствующее воинское звание при зачислении в запас.

Первый выпуск офицеров запаса на военной кафедре Луганского национального университета имени Владимира Даля состоялся в феврале 2017 года. Это дает возможность прогнозировать в будущем развертывание военных кафедр в сеть средних и высших военных учебных заведений нашей Республики.

В заключение необходимо отметить, что патриотизм – это одна из наиболее значимых, непреходящих ценностей, выражающая отношение личности к своему Отечеству и его деятельности на

благо Родины. Поэтому военно-патриотическое воспитание представляет собой сложный и многогранный процесс, в котором должны участвовать все организации и учреждения: военные комиссариаты районов и городов, комитеты и отделы по делам молодёжи, министерство физической культуры, спорта и туризма, управления и отделы образования, казачество, православная церковь, комитеты ветеранов Великой Отечественной войны, комитеты солдатских матерей, комитеты ветеранов войны в Афганистане, ветеранов Вооруженных Сил и военные кафедры высших учебных заведений Луганской Народной Республики.

Л и т е р а т у р а

1. Закон «О системе патриотического воспитания граждан Луганской Народной Республики» от 30 июля 2015 г. №51-II г. Луганск.
2. Конституция Луганской Народной Республики (Временный Основной Закон (Конституция) Луганской Народной Республики).
3. Бажин К.С., Сисонова Г.И., Ходырева Е.А. Состояние и перспективы патриотического воспитания молодежи в современной России // Концепт. – 2014. – №12 (декабрь).
4. Выдрин И.Ф., Ильин С.К., Попков М.Ф. Проблемы воинского воспитания. Военное издательство. Министерство обороны РФ, 2011, – 238 с.

R e f e r e n c e s

1. The law "On the system of Patriotic education of citizens of the Luhansk people's Republic" of July 30, 2015 No. 51-II, Lugansk.
2. The Constitution Of The People's Republic Of Lugansk (Temporary Basic Law (Constitution) Of The Luhansk People's Republic).

3. Bazhin K. S., Simonova G. I., Khodyreva A. E. Status and prospects of the Patriotic education of youth in modern Russia are considered. – 2014. – No. 12 (December).

4. Vydrin, I. F., Il'in, S. K., Popkov, M. F. The problems of military training. Military publishing house. The Ministry of defence of the Russian Federation, 2011, – p. 238.

Korovin M. A.

THE STATE AND PROSPECTS OF THE PATRIOTIC EDUCATION OF YOUTH IN THE MILITARY DEPARTMENT OF LUHANSK NATIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER VOLODYMYR DAHL

Problems in the organization of patriotic education of youth requires joint efforts of representatives of various public institutions. The paper presents the results of a study of current activity of the representatives of educational and public organizations and associations of patriotic education of citizens, examines typical problems of realization of the program of patriotic education.

Keywords: patriotism, patriotic education, search activity, forms and methods of patriotic work with youth, military-patriotic education.

Коровин Михаил Андреевич – кандидат военных наук, доцент, профессор военной кафедры Луганского национального университета имени Владимира Даля.
E-mail: kaf.voen@mail.ru

Korovin Mikhail Andreevich – candidate of military Sciences, associate Professor, Professor of the military Department of Luhansk national University named after Volodymyr Dahl.
E-mail: kaf.voen@mail.ru

Рецензент: Рябичев В.Д., доктор технических наук, профессор, и.о. ректора Луганского национального университета имени Владимира Даля.

Статья подана 14.04.2017

УДК 656.138; 656.131

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ С ГИБРИДНЫМИ СИЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

Бритик С.А., Гальченко А.О., Ажиппо А.Г.

PECURLARUTIES OF HYBRID ELECTRICAL VEHICLES MAINTANANCE

Britik S.A., Galchenko A.O., Azhippo A.G.

В статье рассмотрены особенности технического обслуживания и диагностики гибридных автомобилей. Представлен анализ мирового парка гибридных автомобилей. Проанализированы отказы и неисправности гибридных силовых установок в эксплуатации. Приведены рекомендации по оборудованию поста технического обслуживания и диагностике гибридных автомобилей с ГСУ.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, электромобиль, техническое обслуживание (ТО), диагностика, гибридная силовая установка, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), высоковольтная батарея (ВВБ).

Введение. Во всем мире постоянно ведутся работы по снижению потребления нефтяных топлив и загрязнения окружающей среды автомобилями, повышению их топливной экономичности. Одной из результативных концепций повышения указанных эксплуатационных характеристик транспортных средств и решения экологического вопроса в промышленных регионах и крупных городах является использование электромобилей и автомобилей с гибридными силовыми установками (ГСУ).

Гибридными называются автомобили, имеющие несколько независимых источников энергии, например, ДВС и электродвигатель с высоковольтной батареей или водородными топливными элементами. При этом эти источники механической энергии могут работать как по отдельности, так и совместно. На сегодняшний день общепринятой терминологией для разграничения видов различных автомобилей является следующая: Battery Electric Vehicles (BEV), Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV), Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) и Hybrid Electric Vehicle (HEV).

Абсолютным лидером в создании и реализации гибридных автомобилей считается японская фирма Toyota, которая стала выпускать автомобили такого типа с 1997 года. В настоящий момент компания «Тойота Мотор Корпорэйшн» производит 27

моделей гибридных автомобилей и 1 гибридную модель с возможностью зарядки от электросети (Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)) [1].

Анализ последних исследований и публикаций. Обзор мирового парка гибридных автомобилей показал, что на конец 2016 года суммарное количество реализованных в мире автомобилей с ГСУ и электромобилей превысило 17,5 млн единиц. На декабрь 2016 года самыми продаваемыми моделями электромобилей стали Tesla Model S и X, а также Nissan Leaf. Согласно данным [2] электромобилей Tesla было продано 47000. Прогнозы до 2020 года остаются благоприятными, и количество автомобилей с ГСУ и электромобилей с каждым годом будет увеличиваться. Наибольшим спросом пользуются такие модели гибридных автомобилей, как: Toyota Prius, Nissan Liftback, Toyota RAV4, Ford Fusion, Honda Accord, Ford C-Max Energi, Ford Fusio Energi. На рис.1 представлена диаграмма реализации различных моделей гибридных автомобилей в США за 2016 год.

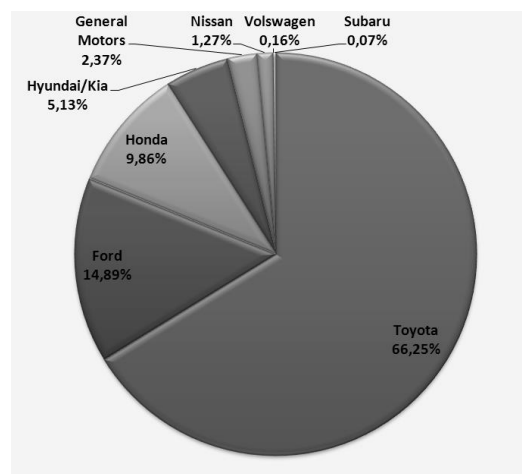


Рис. 1. Диаграмма реализации гибридных автомобилей в США за 2016 год

SNE Research предполагает, что в 2020 году ежегодные продажи автомобилей с ГСУ в Китае достигнут 4,050,000 единиц; по видам соотношение будет следующее: BEV будет продано около 620,000 экземпляров, PHEV - 410,000 и HEV - 3,030,000 единиц [3].

С момента появления первой гибридной модели Lexus RX 400h в 2005 году на российском рынке было продано 14 917 гибридных автомобилей Toyota и Lexus [1]. Состояние инфраструктуры по обслуживанию электромобилей и автомобилей с ГСУ в России характеризуется слабым развитием технической базы, малым количеством станций технического обслуживания, специализирующихся на обслуживании и ремонте ГСУ.

Среди проблем, препятствующих быстрому распространению гибридных автомобилей, можно выделить следующие.

1. *Высокая стоимость* высоковольтной батареи, инвертора и электромотор-генератора силовой установки увеличивают стоимость автомобиля на 30%.

2. *Техническое сопровождение эксплуатируемых гибридных автомобилей со стороны ведущих автопроизводителей в настоящее время недостаточно организовано.*

В результате инженерно-технический персонал станций технического обслуживания не располагает возможностями для проведения качественного обслуживания и ремонта. К тому же трудности, возникающие в эксплуатации гибридных автомобилей, снижают интерес к ним покупателей, что неизбежно замедляет обновление мирового автомобильного парка современными моделями транспортных средств.

Основными преимуществами гибридных автомобилей, способствующими их распространению, являются:

1) низкий расход топлива при эксплуатации в городском режиме движения и экологичность автомобиля;

2) использование передовых технологий;

3) ходовые характеристики и высокий комфорт;

4) высокая надежность.

Исследования эксплуатационной надежности позволили определить закономерности изменения технического состояния гибридного автомобиля Toyota Prius. С целью выявления причин возникновения отказов и неисправностей, а также установления закономерности влияния отказов ГСУ на работоспособность автомобиля в целом реализован статистический эксперимент, в ходе которого отобраны автомобили, обслуживаемые в соответствии с техническим бюллетенем. Полученное распределение отказов и неисправностей силового агрегата гибридного автомобиля Toyota Prius представлено в табл. 1 [4]. Вероятность проявления любой неисправности гибридной трансмиссии среди исследуемой выборки

гибридных автомобилей к пробегу 100 тыс. км составляет всего лишь 14,5 %. Для сравнения: у силовой установки типичного автомобиля эта величина к тому же пробегу приближается к 100 %. Наибольшее же число отказов и неисправностей ГСУ (71 %) связано с двигателем внутреннего сгорания ДВС. Срок службы дорогостоящих элементов гибридной трансмиссии составляет 8 - 10 лет. Большая часть гибридных автомобилей, выпущенных до 2000 года, эксплуатируется без серьезных неисправностей. Отказы высоковольтной батареи ВВБ в установленный период эксплуатации составили 2,5 % от общего числа неисправностей. При анализе причин их происхождения установлено, что они возникают в основном из-за эксплуатации автомобиля с неисправным ДВС, что приводит к недопустимому разряду ВВБ и ускоренному старению ее элементов, или, например, езды без бензина. Неисправности ДВС вызывают наибольшее число отказов в работе ГСУ, что является причиной ухудшения таких эффективных показателей, как полезная мощность и расход топлива. Одновременно недостаточная мощность ДВС приводит к увеличению нагрузки на второй источник энергии – высоковольтную батарею, что уменьшает ее надежность.

Цель исследования - изучение вопросов организации производства по техническому обслуживанию гибридных автомобилей с целью обеспечения эффективного использования труда, средств, запасных частей, материалов, производственной базы.

Материалы и результаты исследования. Эксплуатация и техническое обслуживание гибридного автомобиля имеют свои особенности. Рекомендации по повышению эффективности использования гибридного автомобиля и его технического обслуживания, общие процедуры проверки и регулировки приведены в [5]. Рекомендованная производителем периодичность технического обслуживания составляет 10 тыс. км. Если автомобиль эксплуатируется в особых условиях, то необходимо более частое техническое обслуживание по некоторым пунктам плана ТО. Приведена характеристика дорожных условий и условий вождения. При эксплуатации автомобилей с ГСУ в тяжелых условиях производить ТО рекомендуется в 2 раза чаще. Обслуживание высоковольтной части гибридной установки не предусмотрено.

Техническим обслуживанием является комплекс операций по: поддержанию подвижного состава в работоспособном состоянии и надлежащем внешнем виде; обеспечению надежности и экономичности работы, безопасности движения, защите окружающей среды; уменьшению интенсивности ухудшения параметров технического состояния; предупреждению отказов и неисправностей, а также выявлению их с целью своевременного устранения [6].

Таблица 1

Распределение отказов силового агрегата гибридного автомобиля Toyota Prius

№ п/п	Наименование агрегата и системы	Отказы по интервалам наработки, тыс. км*							Всего, %
		0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	
1	Двигатель	0	0	6	14,5	16,5	15	18,0	71,0
	- система зажигания	0	0	6	13	12	10	10	-
	- система управления двигателем, датчики	0	0	0	0	1	1,5	2,0	-
	- система питания	0	0	0	1,5	3	4,5	6	-
2	Устройство распределения мощности (PSD)	0	0,5	0,5	2	4,5	5,5	8	21
	- система охлаждения	0	0	0	1	2,5	3	4	-
	- зубчатые механизмы трансмиссии	0	0	0	0	0,5	0,5	1,5	-
	- система смазки трансмиссии	0	0,5	0,5	1	1,5	2	2,5	-
3	Электроника	0	0	0	0	0,5	2	3	5,5
	- неисправность силовых ключей инвертора	0	0	0	0	0,5	1	1,5	-
	- неисправность обмотки статора МГ2	0	0	0	0	0	1	1,5	-
4	Высоковольтная батарея (ВВБ)	0	0	0	0	0	0,5	2	2,5
	- недопустимый разряд батареи	0	0	0	0	0	0	0,5	-
	- заклипание, выход из строя элементов батареи	0	0	0	0	0	0	0,5	-
	- потеря ёмкости батареи	0	0	0	0	0	0	0,5	-
	- другое	0	0	0	0	0	0,5	0,5	-
○	Всего	0	0,5	3,5	8,5	20	29	38,5	100

* Рекомендованная производителем периодичность обслуживания составляет 10 тыс. км

Сервисный бюллетень на техническое обслуживание автомобилей предусматривает не только выполнение обязательных работ по проверке, регулировке и замене, но и проведение диагностических проверок и выявление неисправностей, при этом учитывается весь перечень работ, заявленных владельцем. Диагностика предполагает выявление неисправностей на раннем этапе их возникновения и прогнозирование остаточного ресурса, что позволит предотвратить внезапные отказы во время эксплуатации автомобиля.

В реальных условиях эксплуатации автомобилей как в России, так и за рубежом при диагностировании чаще всего используется бесстендовый метод. При этом в качестве основных диагностических приборов применяют: мотор-тестер для ДВС, сканер ошибок электронной системы управления ГСУ, осциллограф, тестер высоковольтной части электропривода.

Диагностика технического состояния и поиск неисправностей автомобилей с ГСУ в настоящее время затруднены и выполняются методом поэлементной проверки, что увеличивает трудозатраты и усложняет процесс диагностирования. Недостаточный уровень достоверности при постановке диагноза может привести к ошибкам во время ремонта и повреждению дорогостоящих элементов гибридного привода. Диагностические и ремонтные работы усложняются из-за отсутствия необходимого диагностического оборудования.

Основным средством технического диагностирования гибридных автомобилей, как и любого современного автомобиля, является

бортовая система диагностирования. Считывание информации с помощью диагностического сканера позволяет определять неисправности и текущие значения параметров элементов автомобиля.

При разработке полноценного поста для обслуживания и диагностирования автомобилей с ГСУ (см. рис.2) должны быть учтены особенности диагностирования узлов ГСУ (таких как электромоторы, инверторы, высоковольтные накопители энергии, трансмиссия, электронная система управления). Для их диагностирования должны быть подобраны вольтметр, омметр, бесконтактный датчик тока в цепи, прибор для измерения внутреннего сопротивления источников тока, прибор для измерения ёмкости элементов и секций ВВБ, многоканальный осциллограф и зарядное устройство для ВВБ.

Силовая установка гибридных автомобилей имеет высоковольтную силовую часть, источником энергии постоянного тока которой является аккумуляторная батарея, напряжение которой на различных типах автомобилей составляет от 200 до 300 вольт, а сила тока достигает значений до 50 А. При этом в цепи питания электродвигателя напряжение может достигать 650 В. Поэтому все работы по ремонту и демонтажу узлов силовой установки и других узлов, работающих под высоким напряжением гибридных автомобилей и электромобилей, должны выполняться при отключении ВВБ. Для этих целей, как правило, предусмотрена специальная сервисная вилка, расположенная рядом с высоковольтной батареей.

Согласно установленным Правилам [7] электрические цепи с такими характеристиками являются опасными, и согласно действующим

Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок лица, допущенные к ним, должны пройти обучение электробезопасности. Уровень квалификации инженера-диагноста, обслуживающего ГСУ, должен быть не ниже 4 разряда автоэлектрика и соответствовать 3-й группе допуска по электробезопасности.

При общем диагностировании (Д-1) автомобиля по выходным параметрам необходим роликовый стенд для определения его тяговых, тормозных, экономических и экологических показателей. Однако на данный момент наличие такого оборудования на СТО очень ограничено из-за высокой цены на него (более 1,5 млн руб.). Если такое оборудование отсутствует, то возможно использование методики выездных испытаний по заданному циклу [8]. В этом случае диагностирование осуществляется напрямую в процессе эксплуатации автомобиля или с использованием стенда с беговыми барабанами.

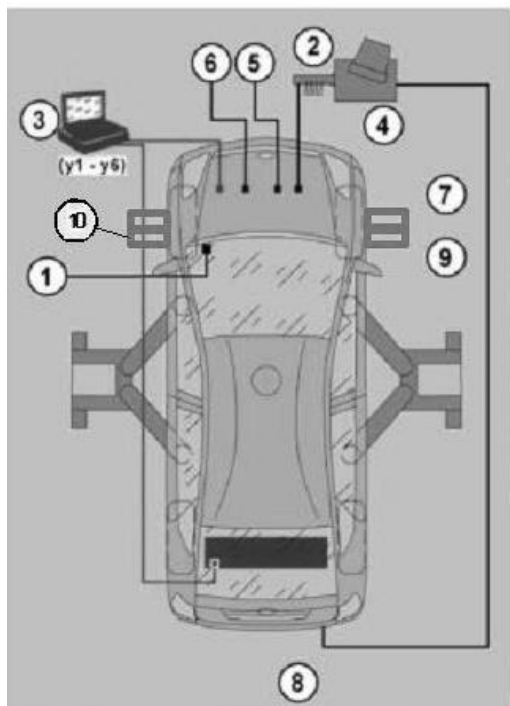


Рис. 2. Схема поста диагностирования гибридного автомобиля:

1 – диагностический сканер; 2 – мотор-тестер ДВС; 3 – мотор-тестер высоковольтной системы; 4 – газоанализатор; 5 – компрессометр; 6 – манометр топливной системы; 7 – установка для проверки и промывки топливных форсунок; 8 – установка для вытяжки отработавших газов; 9 – набор инструментов электрика; 10 – роликовый стенд

Перед диагностированием гибридного автомобиля необходимо выполнить ряд подготовительных операций:

– доведение давления воздуха в шинах до норм;

- подключение диагностического сканера;
- прогрев ДВС до рабочей температуры;
- подключение датчика тока и напряжения на силовую цепь ВВБ;
- подключение датчика тока и напряжения на шину постоянного тока инвертора МГ1, МГ2;
- подключение датчика скорости автомобиля;
- подключение измерительной системы;
- запись загрузки автомобиля (число дополнительных пассажиров и груза с точностью ± 20 кг);
- пробный выезд на испытуемом участке или испытание на стенде тяговых качеств.

Таким образом, техническое обслуживание и диагностирование автомобилей с гибридной силовой установкой может быть осуществлено с использованием универсальных средств диагностирования ДВС и силовой электроники.

Отмеченные выше проблемы, сдерживающие быстрое распространение гибридных автомобилей, могут быть решены. Основные меры государственного стимулирования и поддержки производства и покупки более экономичных автомобилей:

1) субсидирование покупки нового гибридного автомобиля (электромобиля) при сдаче старого на утилизацию;

2) законодательные меры - например, второй автомобиль в семье должен иметь высший класс экологической безопасности, т.е. быть гибридным или электромобилем;

3) гранты на научные исследования и на развитие инфраструктуры производства экологичных автомобилей и комплектующих деталей и узлов для гибридных автомобилей и электромобилей;

4) образовательные гранты на подготовку рабочего персонала, необходимого для производства и обслуживания гибридных автомобилей и электромобилей.

Выводы. Таким образом, мы рассмотрели особенности процесса технического обслуживания и диагностирования автомобилей с гибридной силовой установкой. Предложено основное оборудование для своевременного обнаружения существующих неисправностей.

Л и т е р а т у р а

1. https://www.toyota.ru/news_and_events/2014/hybrid-news.json.
2. <http://www.hybridcars.com/december-2016-dashboard>.
3. <http://www.hybridcars.com/china-set-sell-over-4-million-evs-2020-62718/>
4. Раков В.А. Анализ отказов и неисправностей гибридных силовых установок автомобилей [Электронный ресурс] / В.А. Раков // Молодежь. Наука. Инновации: труды VI междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Пенза: Пензенский филиал РГУИТП, 2012. – Режим доступа:

<http://rgupenza.ru/mni/index.php?view=themes&data=partsview&id=100>.

5. Тойота Приус. Модели 2003-2009 гг. выпуска. Устройство, техническое обслуживание и ремонт. М.: Легион-Автодата, 2009. – 568 с.

6. Техническая эксплуатация автомобилей. Под ред. Е. С. Кузнецова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Транспорт, 1991. — 413 с.

7. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок / приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ: приказ Минтруда и соц. Защиты 24.07.2013. - № 328Н. – М: РГ, 2014. – 35 с.

8. Раков В.А. Эксплуатация и обслуживание автомобилей с гибридными силовыми установками: монография / В.А. Раков. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 143 с.

References

1. https://www.toyota.ru/news_and_events/2014/hybrid-news.json.

2. <http://www.hybridcars.com/december-2016-dashboard>.

3. <http://www.hybridcars.com/china-set-sell-over-4-million-evs-2020-62718/>

4. Rakov V.A. Analysis of failures and disrepairs of vehicles hybrid power plants [Electrical source] / V.A. Rakov. // Molodezh. Nauka. Innovatsii: Trudy VI mezhdunar. Nauch.-prakt. Internet-konf. – Penza: Penzenskiy filial RGUITP, 2012. – Rezym dostupa: <http://rgupenza.ru/mni/index.php?view=themes&data=partsview&id=100>.

5. Toyota Prius. Modeli 2003-2009 vypuska. Ustroistvo, technicheskoe obsluzhyvanie i remont. M.: Legion-Avtodata, 2009. – 568 p.

6. Tehnicheskay ekspluatatsiya avtomobiley. Pod redaktsiyey E.S. Kuznetsova. – 3 izdanie, pererab. i. dop. – Transport, 1991. – 413 p.

7. Pravila po ohrane truda pri ekspluatatsii energoustanovok / prilozhenie k prikazu Ministerstva truda i sotsialnoy zashchity RF: prikaz Mintrud i sots. Zashchity 24.07.2013. - №328Н. – М: РГ, 2014. – 35 p.

8. Rakov V.A. Exploitations and maintenance of vehicles with hybrid power plants: monograph / V.A. Rakov. – Vologda: VoGU, 2014. – 143 p.

Britik S.A., Galchenko A.O., Azhippo A.G.
PECURLARUTIES OF HYBRID ELECTRICAL VEHICLES MAINTANANCE

The article is devoted to the topic of current interest in the peculiarities of hybrid electrical vehicles maintenance and diagnostics. The analysis of the hybrid vehicles world park in adduces. Failures and disrepairs of the hybrid power plant in operational conditions are analyzed. The recommendations for service place technical equipment and hybrid vehicles diagnostics are submitted in this article. The service place for diagnosis of hybrid vehicles is considered. This data can be realized on technical service stations and resulted in efficient labour and material use.

Keywords: hybrid vehicle, electric vehicle, technical maintenance, diagnostics, hybrid power plant, internal combustion engine, high-voltage battery.

Бритик Сергей Алексеевич – к. т. н., доцент кафедры «Автомобили», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: avtokaf@mail.ru

Sergey A. Britik – candidate of technical science, assistant professor of the «Automobiles» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

Гальченко Александра Олеговна – студент-магистр кафедры «Автомобили», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: galchenko.a@inbox.ru

Aleksandra O. Galchenko – student-master of the «Automobiles» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

Ажиппо Александр Генрихович – старший преподаватель кафедры «Автомобили», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: aazhippo@mail.ru

Aleksandr G. Azhippo – senior lecturer of the «Automobiles» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

Рецензент: Куликов Ю.А., д. т. н., проф. кафедры «ДВС», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 629.45.

К ВОПРОСУ О НОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕКУЩЕГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЯ ТЕЛЕЖЕК ВАГОНОВ

Губачева Л.А., Андреев А.А., Панфилов А.М.

THE ISSUE OF THE NEW ROUTINE MAINTENANCE FRIKTSIONNOYH DAMPER TRUCKS CARS

Gubacheva L.A., Andreev A.A., Panfilov A.M.

Рассмотрены вопросы обновления и разработки ручного инструмента для текущего обслуживания фрикционных гасителей колебаний без подъемного ремонта и разборки тележек пассажирских вагонов. Предложено перспективное направление развития фрикционных гасителей подвижных частей железнодорожных электропоездов и пассажирских вагонов.

Ключевые слова: фрикционный гаситель колебаний, шпинтон, фрикционная втулка, корончатая гайка, шплинт, специальный гаечный ключ.

Введение. Пассажирские вагоны железных дорог СССР, предназначенных для скоростей движения до 45 м/с, преимущественно имеют двухосные бесчелюстные тележки типа КВЗ-ЦНИИ, до сих пор находящиеся в эксплуатации многих стран СНГ [1] для передачи горизонтальных сил от букс к рамам тележек пассажирских вагонов типа КВЗ-ЦНИИ, а также моторных и прицепных вагонов электропоездов используются так называемые фрикционные гасители колебаний буксового подвешивания [1, 2]. Анализ технических характеристик буксового рессорного подвешивания тележек пассажирских вагонов показывает, что если сила трения в фрикционном гасителе изменяется в пределах 1,0-4,3 кН, при нагрузке на цилиндрическую пружину 40кН, то при движении стрелочных переводов и переходных кривых боковая нагрузка на буксу и фрикционные гасители может достигать 10кН и более [3, 4]. Недостаточное финансирование транспортной отрасли в настоящее время не позволяет обеспечить замену старого подвижного состава пассажирских вагонов на подвижной состав новых, совершенных конструкций.

Анализ последних исследований и публикаций. Вышесказанное указывает на необходимость разработки методов и устройств, повышающих срок эксплуатации устаревших пассажирских вагонов без снижения их надежности, в частности фрикционных гасителей колебаний [5].

Разработке систем управления эксплуатационными свойствами экипажа подвижного состава при высоких скоростях движения, в частности, разработке технологии текущего обслуживания фрикционных частей колебаний тележек пассажирских вагонов посвящена работа [6]. Варианты разработанных фрикционных гасителей колебаний тележек пассажирских вагонов представлены патентами Украины на полезные модели [7-11].

Целью работы является рассмотрение вопросов по обслуживанию и расчету ручного инструмента текущего обслуживания фрикционных гасителей колебаний пассажирских вагонов без подъемного ремонта и выкатки и разборки тележек.

Материалы и результаты исследований. В процессе работы гасители колебаний превращают кинетическую энергию колебаний в тепловую, теряют первоначальные свойства из-за повреждений и износа как отдельных элементов, так и гасителя в целом. В связи с этим основной целью технического обслуживания и ремонта является восстановление технических характеристик гасителя колебаний и обеспечение надежности его работы в межремонтный период.

Под ремонтом понимается совокупность технических операций, направленных на ликвидацию дефектов и неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации, которые обеспечивают восстановление характеристик гасителя колебаний для эффективной работы в рессорном подвешивании.

Для поддержания гасителей колебаний в работоспособном состоянии необходимо выполнять планово-предупредительную систему их технического обслуживания и ремонта.

Структура ремонтного цикла, определяющая количество и очередность видов обслуживания и ремонта, является основной этой системы. Главной

целью ремонта фрикционных гасителей колебаний является восстановление их ресурса.

Для восстановления размеров трущихся поверхностей в основном применяют наплавочные работы с последующей отделкой. Особое внимание уделяется их механическим свойствам и взаимной подгонке (притирке).

Существенным недостатком фрикционных гасителей колебаний типа «СУ» является их расположение внутри пружины буксового рессорного подвешивания тележки КВЗ-ЦНИИ пассажирского вагона, что исключает доступность и обслуживание без разборки вагонов выкаткой тележек из-под кузова, что связано с большими трудовыми затратами и временем на текущее обслуживание ходовой части.

К недостаткам самих фрикционных гасителей типа «СУ» следует отнести неравномерный износ фрикционных втулок, который со стороны центральной продольной оси вагона в 2 раза превышает износ с наружной стороны вагона, что снижает стабильность работы демпферов.

Существующая технология ремонта фрикционных гасителей колебаний предусматривает выкатку тележек.

Перед выкаткой тележек тяги разъединяют, снимают шкворень, разшплинтовывают и откручивают гайки шпинтонов, снимают датчики СКНБ. После подъема вагона необходимо выкатить тележки, очистить от грязи, снега (в зимний период) и осмотреть.

При визуальном осмотре тележек особое внимание уделяется состоянию видимых трещин колесных пар, пружин центрального и буксового подвешивания, наддресорных балок и поддонов, рамы тележки, кронштейнов для поводков, гасителей колебаний, подвешивания деталей тормозной рычажной передачи, подвесок рычажного подвешивания (тяг, валиков, сережек, опорных балок, подвесок), продольных поводков тележки КВЗ-ЦНИИ, предохранительных скоб и болтов, крепления узлов фрикционных гасителей на шпинтонах (рис. 1).

Согласно инструкции по содержанию, ремонту и испытанию гасителей колебаний локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава, разборка гасителя колебаний выполняется в следующей последовательности:

1. Расформировать электропоезд.
2. С помощью домкратов поднять кузов, тележки выкатить из-под вагона электропоезда и разшплинтовать гайки, свинтить их с шпинтонов и снять тарельчатую пружину.
3. Снять детали гасителя колебаний, которые в этом случае становятся доступными.
4. При демонтаже гасителя колебаний необходимо сохранить последовательность.
5. Снятые детали гасителя колебаний направить на дефектацию и ремонт. После ремонта

сборка гасителя колебаний клинового типа выполняется в следующем порядке:

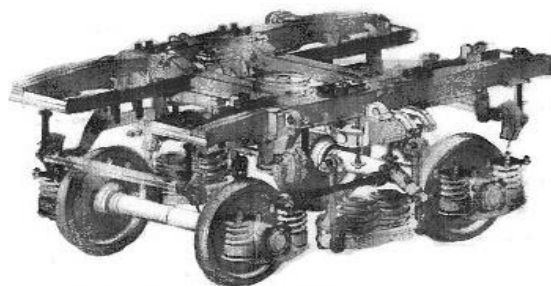


Рис. 1. Разборка тележки и фрикционных гасителей колебаний

1. Установить на крылья балансира буксы нижние амортизаторы, вставить нижнее кольцо.
 2. Установить специальное устройство, которое имитирует фрикционную втулку, выставить вокруг него фрикционные клинья и уложить на них верхнее клиновое кольцо.
 3. Уложить нижнюю металлическую прокладку, верхний резиновый амортизатор и верхнюю прокладку.
 4. Установить пружину и пружину буксовой подвески.
 5. Установить на шпинтон фрикционную втулку, зафиксировать её положение технологической гайкой.
 6. Ввести в отверстия крыльев балансира буксы шпинтоны, закрепленные на раме тележки.
 7. Опустить раму тележки на пружины буксовой подвески, нагрузить тележку и завинтить гайки, установив предварительно тарельчатую пружину. Перед постановкой гайки покрыть резьбовую часть шпинтона консистентной смазкой. Гайку позиции зашплинтовать.
 8. Тележки вкатить под кузов, и опустить его на тележки.
 9. Из вагонов сформировать электропоезд.
- Из-за предельно допустимого одностороннего износа фрикционных втулок гасителей колебаний СУ тележек КВЗ-ЦНИИ перечисленные операции приходится выполнять после каждого пробега в 90 тыс. км в условиях вагоноремонтного депо. В процессе эксплуатации фрикционного демпфера износ поверхности сухарь - втулка неравномерен, так как во время движения вагона и его торможения под действием тормозной силы сухарь прижимается к поверхности втулки и стирает ее поверхность в месте соприкосновения больше, нежели изнашиваются остальные части втулки. Для того чтобы избежать неравномерного износа, повысить долговечность пар трения, обеспечить постоянство и значительное смягчение условий трения поверхности сухаря и втулки, ранее был зарегистрирован патент, в котором предложено решение проблемы неравномерного износа втулки шпинтона.

Данная проблема решается путем просверливания в нижней части втулки глухого отверстия под накидной ключ (рис.2).

Использование глухого отверстия во время технического обслуживания позволит без разборки вагона с помощью накидного ключа поворачивать фрикционную втулку на 90° , благодаря этому повышается надежность и износостойкость поверхности, что, в свою очередь, позволит разбирать вагон не через 90 тыс. км (как это делается сейчас), а через 180 тыс. км, что обеспечит более равномерный износ поверхностей при трении и уменьшит затраты на обслуживание пассажирского вагона. С целью обеспечения более равномерного износа фрикционной втулки по окружности предлагается при техническом обслуживании через каждые 30 тыс. км пробега в пунктах обслуживания пассажирских составов поворачивать на 90° эти втулки (без расформирования, выкатки тележек и полной разборки фрикционных гасителей колебаний).

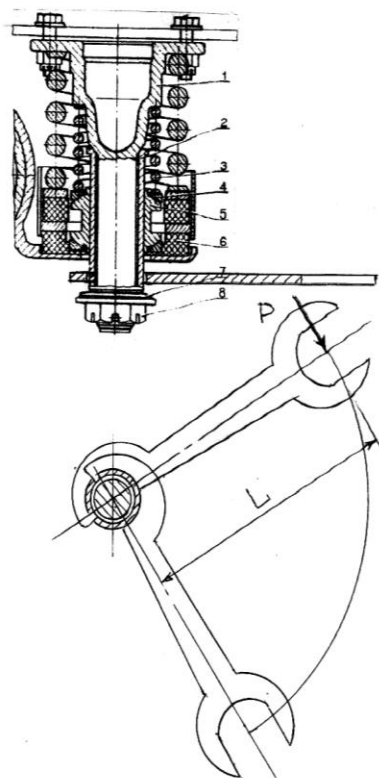


Рис. 2. Схема поворота гаечным ключом фрикционной втулки

На рис. 3 представлен вид подготовки гаечного ключа к повороту фрикционной втулки гасителя колебаний на тележке пассажирского вагона.

По новой технологии техническое обслуживание фрикционных гасителей колебаний выполняется в следующей последовательности:

1. Расшплинтовывается корончатая гайка.

2. Откручивается корончатая гайка на $90-120^\circ$ поворота гаечного ключа.

3. Гаечным ключом поворачивается фрикционная втулка на 90° .

4. Корончатая гайка завинчивается в исходное состояние.

5. Устанавливается в шпирон фиксирующий шплинт.



Рис. 3. Подготовка к повороту фрикционной втулки на тележке пассажирского вагона

Все операции по техническому обслуживанию фрикционных гасителей колебаний выполняются одним слесарем-вагонщиком без привлечения подъемного и транспортного оборудования в течение 1 часа на один вагон.

На рис. 4 представлена расчетные значения износа фрикционной втулки через каждые 60 тыс. км. пробега вагона по штатной технологии обслуживания (а) и предложенной технологии обслуживания (б).

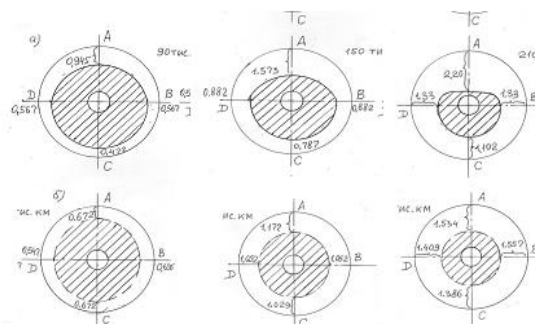


Рис. 4. Расчетные значения износа фрикционной втулки:
а) штатная технология обслуживания;
б) предложенная технология обслуживания

На рис. 5 представлено расчётная схема гаечного ключа при затяжке корончатой шпиронной гайки.

Резьбовые соединения обычно затягивают при сборке с помощью гаечного ключа, в данном случае - рожковой частью специального ключа. Усилие $F_{кл}$ прикладывается к рукоятке – зеву накидной части в точке С к продольной оси. С учетом имеющихся зазоров между гранями гайки и зевом рожковой части в действительности к гайке прикладываются две силы: R_1 – в точке В верхней части и R_2 – в точке А нижней части зева. На рис. 4 представлена расчетная схема гаечного ключа.

Условно специальный ключ для расчета действующих на грани гайки сил R_1 и R_2 может быть представлен в виде балки ABC, которая в точке А опирается на неподвижный цилиндрический шарнир, а в точке В – на идеальный стержень с двумя шарнирами на концах. Расчетная система осей координат: OY – проходит через точки Е и D мест разрушения, $OX \perp OY$.

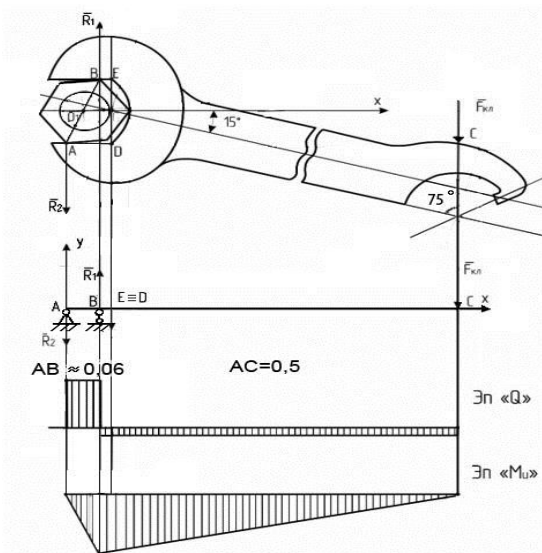


Рис. 5. Расчетная схема специального ключа, работающего при затяжке шпинтонной гайки силой $F_{кл}$

В дальнейшем для выполнения прочностного расчета специального гаечного ключа при плоском изгибе выстраиваются эпюры поперечных сил для условной балки (на стороне сжатых волокон)(см. рис. 6).

В соответствии с методом сечений изгибающий момент и поперечная сила в каком-либо сечении равны алгебраической сумме изгибающих моментов и поперечных сил, расположенных только слева или только справа от сечения.

В точке С имеем: $M_C = 0$, в точке В изгибающий момент равен $M_B = F_{кл} \cdot BC$, в точке А изгибающий момент также равен $M_A = 0$.

Эпюры изгибающих моментов также строятся на стороне сжатых волокон условной балки.

Анализ первоначальных эпюр «Q» и «MI» не позволяет обосновать возможность появления наибольших напряжений и склонности к разрушению ключа в точках Е и D, что вызывает

необходимость уточнения расчетной схемы специального ключа.

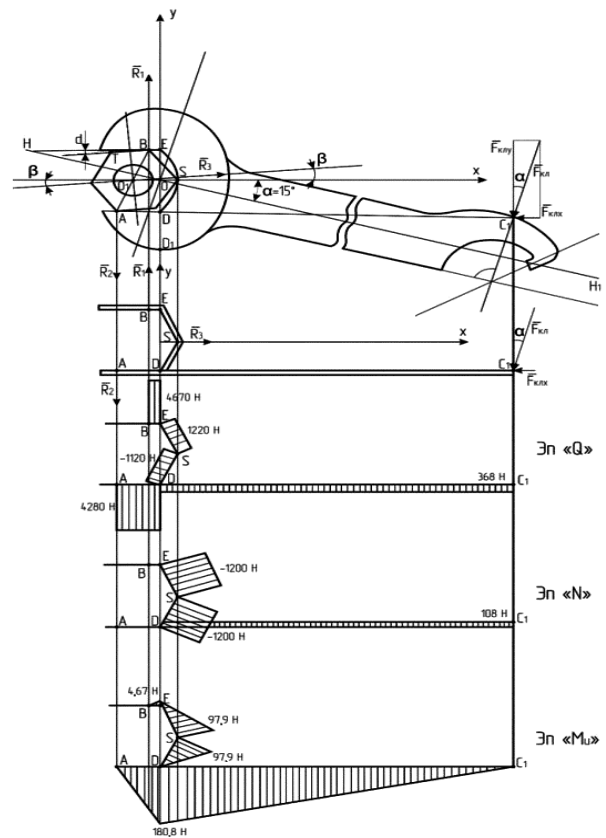


Рис. 6. Эпюры сил «Q», «N», «MI»

Уточненная расчетная схема специального ключа предполагает приложение силы $F_{кл}$ в точке С1 по линии, перпендикулярной к главной горизонтали HH_1 . Это приводит к появлению третьей реакции R_3 в точке S со стороны третьего ребра шпинтонной гайки.

Составление уравнений равновесия специального ключа под действием силы $F_{кл}$ и реакций R_1, R_2, R_3 выполняется из условий равновесия:

$$\begin{cases} R_3 \cdot \cos \beta - F_{кл} \cdot \sin \alpha = 0; & (1) \\ R_3 \cdot \sin \beta + R_1 - R_2 - F_{кл} \cdot \cos \alpha = 0; & (2) \\ -F_{кл} \cdot AC_1 \cdot \cos \alpha + R_1 \cdot \sin 30^\circ \cdot AB - \\ -R_3 \cdot AB \cdot \frac{\cos 30^\circ}{2 \cdot AB} = 0. & (3) \end{cases}$$

Из уравнения находим реакцию R_3 :

$$R_3 = F_{кл} \cdot \sin \alpha / \cos \beta \quad (4)$$

После подстановки в уравнение имеем:

$$-F_{кл} \cdot AC_1 \cdot \cos \alpha + R_1 \cdot \sin 30^\circ \cdot AB - \\ -F_{кл} \cdot \sin \alpha \cdot AB \cdot \cos 30^\circ / (2 \cos \beta) = 0 \quad (5)$$

Откуда находим реакцию R_1 :

$$R_1 = F_{\text{кл}} * (AC_1 * \cos \alpha + AB * \cos 30^\circ * \sin \alpha / (2 \cos \beta)) / (AB * \sin 30^\circ). \quad (6)$$

Из уравнения находим реакцию R_2 :

$$R_2 = R_3 * \sin \beta + R_1 - F_{\text{кл}} * \cos \alpha = F_{\text{кл}} * (\sin \alpha * \tan \beta - \cos \alpha + AC_1 * \cos \alpha / (AB * \sin 30^\circ) + \cot 30^\circ * \sin \alpha / (2 \cos \beta)). \quad (7)$$

Следует отметить, что если угол $\alpha = 15^\circ$ (согласно нормативам), то угол β зависит от величины зазора d между гранями гайки и зевом рожкового ключа и может быть принят равным:

$$\beta \approx \tan \beta = d / TB, \quad (8)$$

где TB – длина грани призмы шестигранной шпинтонной гайки.

После определения значений реакций R_1 , R_2 , R_3 в зеве специальной рожковой части ключа следует перейти к расчетной схеме в виде трехопорной рамы BESDAC для расчета и построения эпюр перерезывающих сил «Q», нормальных сил «N» и изгибающих моментов «M_п».

Расчетные значения сил R_1 , R_2 , R_3 для силы:

$$F_{\text{кл}} = 400 \text{ Н}; AC_1 \approx 0,5 \text{ м}; AB \approx 0,084 \text{ м}; \beta \approx \text{tg} \beta \approx 0,0005/0,042 \approx 0,011 \approx \sin \beta; \cos \beta \approx 0,995. \quad (9)$$

$$R_3 = 400 * \frac{0,258}{0,995} \approx 103,5 \text{ Н}. \quad (10)$$

$$R_1 = 400 * (0,5 * 0,965 + (0,084 + 0,867) * \frac{0,258}{2 * 0,995}) / (0,084 * 0,5) = 4670 \text{ Н}. \quad (11)$$

$$R_2 = 400(0,258 * 0,011 - 0,995 + 0,5 * 0,965 / (0,084 * 0,5) + 1,73 * 0,258 / (2 * 0,995)) = 4280 \text{ Н}. \quad (12)$$

Общее напряжение при плоском изгибе в месте крепления рукоятки к рожковой головке по теории максимальных касательных напряжений не может быть больше допустимого нормального напряжения:

$$\sigma_{\text{ЭВРП1}} = \sqrt{(\sigma_{\text{П1}}^2 + 4\tau_{\text{П1}}^2)} \leq [\sigma]. \quad (13)$$

$$\sigma_{\text{ЭВРП1}} = \sqrt{(67,64^2 + 4 * 1,227^2)} = 67,66 \text{ МПа} < 360 = [\sigma]. \quad (14)$$

Расчет накладной части специального гаечного ключа с полукруглым зевом и внутренним зацепным зубом для круглой поверхности фрикционной втулки может быть ограничен выбором поперечного сечения зацепного зуба при приложении к рукоятки

силы $F_{\text{клп}} = 100 \text{ Н}$ на такой же длине $L_p = 0,5 \text{ м}$ при радиусе цилиндра $r = 45 \text{ мм}$. Тогда максимальная перерезывающая зуб сила будет равна:

$$Q_{\text{зmax}} = \frac{F_{\text{клп}} L}{r} = 100 * \frac{500}{45} = 1100 \text{ Н}. \quad (15)$$

Расчетная площадь сечения круглого зуба диаметром 10 мм равна

$$A_3 = \pi r^2 = 3,14 * 0,5^2 = 0,8 \text{ см}^2. \quad (16)$$

Расчетное касательное напряжение от перерезывающей силы в месте присоединения зуба к головке накладного ключа равно:

$$\tau_3 = \frac{Q_{\text{зmax}}}{A_3} = \frac{1100}{0,8} = 1380 = 13,8 \text{ МПа}. \quad (17)$$

Для квадратного сечения присоединения зацепного зуба к полукруглому зеву площадью

$$A_3^* = H_2 * B_2 = 0,9 * 0,8 = 0,72 \text{ см}^2 \quad (18)$$

расчетное касательное напряжение от сдвига равно:

$$\tau_3^* = \frac{1100}{0,72} = 1530 = 15,3 \text{ МПа}. \quad (19)$$

В реальных условиях зацепной зуб подвержен также плоскому изгибающему моменту:

$$M_3 = Q_{\text{зmax}} * h_3 = 1100 * 1 = 1100 \text{ Нм}. \quad (20)$$

Расчетный момент сопротивления изгибу зацепного зуба в месте присоединения к полукруглому зеву равен:

$$W_{3y} = B_2 * \frac{H_2^2}{6} = 0,8 * \frac{0,9^2}{6} = 0,108 \text{ см}^3. \quad (21)$$

Наибольшее напряжение растяжения во внутренних волокнах от изгиба зацепного зуба силой $Q_{\text{зmax}}$ равно:

$$\sigma_{\text{злтmax}} = \frac{M_3}{W_{3y}} = \frac{1100}{0,108} \approx 10190 = 101,9 \text{ МПа}. \quad (22)$$

Общее напряжение при плоском изгибе зацепного зуба в месте крепления к полукруглому зеву по теории максимальных напряжений не может быть больше допустимого нормального напряжения:

$$\sigma_{\text{ЭВЗ}} = \sqrt{(\sigma_{\text{злтmax}}^2 + 4\tau_3^2)} = \sqrt{101,9^2 + 4 * 1,5^2} = 102 \text{ МПа} < 360 = [\sigma]. \quad (23)$$

Следует отметить, что в реальных условиях текущего обслуживания фрикционных гасителей колебаний тележек КВЗ-ЦНИИ пассажирских

вагонов сила $F_{\text{клг}}$ может достигать значения 300Н, а максимальные эквивалентные напряжения в точке присоединения зацепного зуба к полукруглому зеву могут принимать значение 306 МПа, что меньше допускаемого значения 360 МПа.

Максимальное эквивалентное напряжение в месте крепления полукруглого зева к рукоятке специального ключа по аналогии с предыдущим расчетом может быть принято для силы $F_{\text{клг}} = 300\text{Н}$ равным $307\text{ Мпа}-360\text{ МПа} = [\sigma]$. Расчетный объем материала специального гаечного ключа для выбранных сечений двухрожковой и полукруглой головки и рукоятки составит 150 см^3 , а масса ключа составит 1200 г.

Выводы. Положительной стороной использования технологии обслуживания фрикционных гасителей колебаний является снижение максимального износа фрикционной втулки на 30-35% при одновременном снижении неравномерности износа по окружности втулки с 74% до 10-11%, что обеспечивает повышение стабилизации фрикционных свойств на 40-50% по показателю величины сил трения в зависимости от пробег вагона.

Кроме того, новая технология обслуживания фрикционных гасителей колебаний тележек типа КВЗ-ЦНИИ повышает качества гасителей по современному устранению неисправности «ослабление крепления (люфт) втулки» вследствие оседания тарельчатой пружины и снижения коэффициента относительного трения из-за ударных воздействий крыльев буксы на гайку и шпинтон.

В исследовании была рассмотрена разработка специального двустороннего гаечного ключа, использование которого сопровождается уменьшением в два раза и более материалоемкости и трудоемкости изготовления, а также уменьшением физической нагрузки на слесарей-ремонтников при переноске слесарных инструментов.

Были рассчитаны перерезывающие силы «Q», нормальные силы «N» и изгибающие моменты «M_и». Построены эпюры этих сил. Было найдено общее напряжение при плоском изгибе нижнего зуба, общее напряжение при плоском изгибе в месте крепления рукоятки к рожковой головке и общее напряжение при плоском изгибе зацепного зуба в месте крепления к полукруглому зеву. Расчетный объем материала специального гаечного ключа для выбранных сечений двухрожковой и полукруглой головки и рукоятки составит 150 см^3 , а масса ключа составит 1200 гр.

Л и т е р а т у р а

1. Вагоны: учебник для вузов ж.д. трансп./ под. ред. Л.А. Шадура. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1980. - 439 с.
2. Раков В.А. Локомотивы и моторвагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза (1966-1975). - М.: Транспорт, 1979. - 213 с.

3. Соколов М.И., Варавва В.И., Левит Г.М. Гасители колебаний подвижного состава: справочник. М.: Транспорт, 1985. 216 с.

4. Динамика вагона. Вершинский С.В., Данилов В.Н., Челноков И.И. М.:Транспорт, 1972. - 304 с.

5. Губачева Л.О. Надійність транспортних засобів. Навчальний посібник. - Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. - 93с.

6. Розробка системи керування експлуатаційними властивостями екіпажа рухомого складу для високих швидкостей руху. Звіт з науково-дослідної роботи. під. ред. Губачевої Л.О./ СНУ ім. В. Даля. Луганськ, 2014. - 180 с.

7. Басов Г.Г., Андреев О.О., Губачева Л.О., Найш Н.М., Кашуба В.І. Фрикційний гаситель коливань. Пат. України №7613. Оpubл. 15.06.2005. Бюл. № 6.

8. Губачева Л.О., Андреев О.О., Качура О.В., Мокроусов Д.С., Щербак В.П. Фрикційний демпфер транспортного засобу. Пат. України №9453. Оpubл. 15.09.2005. Бюл. №9.

9. Губачева Л.О., Андреев О.О., Мокроусов Д.С., Щербак В.П. Фрикційний демпфер. Пат. України №53877. Оpubл. 25.10.2010. Бюл. №20.

10. Губачева Л.О., Андреев О.О., Сергієнко В.Г., Давидова А.І. Фрикційний демпфер. Пат. України №94839. Оpubл. 10.12.2014. Бюл. №23.

References

1. Vagoni: Uchebnik dlya vuzov j.d. transp./ pod. red. L.A. Shadura. 3 - e izd., pererab. i dop. M.: Transport, 1980. - 439 s.
2. Rakov V.A. Lokomotivi i motorvagonnii podvijnoi sostav jeleznyh dorog Sovetskogo Soyuz (1966 – 1975).- M.: Transport, 1979. - 213 s.
3. Sokolov M.I., Varavva V.I., Levit G.M. Gasiteli kolebanii podvijnogo sostava: spravochnik. M. – Transport, 1985. -216 s.
4. Dinamika vagona. Vershinskii S.V., Danilov V.N., Chelnokov I.I. M.: Transport, 1972. - 304 s.
5. Gubacheva L.O. Nadiinist transportnih zasobiv. Navchalnii posibnik. – Lugansk: Vid - vo SNU im. V. Dalja, 2009. – 93 s.
6. Rozrobka sistemi keruvannya ekspluatacii nimi vlastivostyami ekipaja ruhomogo skladu dlya visokih shvidkosti ruhu. Zvit z naukovo – doslidnoi roboti. pid. red. Gubachevoi L.O. / SNU im. V. Dalja. Lugansk, 2014. – 180 s.
7. Basov G.G., Andreev O.O., Gubacheva L.O., Naish N.M., Kashuba V.I. Frikciinii gasitel kolivan. Pat. Ukraini №7613. Opubl. 15.06.2005. Byul. №6.
8. Gubacheva L.O., Andreev O.O., Kachura O.V., Mokrousov D.S., Scherbakov V.P. Frikciinii dempfer transportnogo zasobu. Pat. Ukraini №9453. Opubl. 15.09.2005. Byul. №9.
9. Gubacheva L.O., Andreev O.O., Mokrousov D.S., Scherbakov V.P. Frikciinii dempfer. Pat. Ukraini №53877. Opubl. 25.10.2010. Byul. №20.
10. Gubacheva L.O., Andreev O.O., Sergienko V.G., Davidova A.I. Frikciinii dempfer. Pat. Ukraini №94839. Opubl. 10.12.2014. Byul. №23.

Gubacheva L.A., Andreev A.A., Panfilov A.M. THE ISSUE OF THE NEW ROUTINE MAINTENANCE FRIKTSIONNOYH DAMPER TRUCKS CARS

The questions of renovation and development of the manual tool are considered for the running service of friction vibration dampers without the hoist repair and disassembling

the passenger cars trucks. The perspective direction is proposed to improve the friction dampers of the rolling stock parts of the railway electro trains and passenger car.

Keywords: *friction damper, shpinton, friction sleeve, castle nut, cotter pin, a special wrench.*

Губачёва Л.А. – д.т.н., проф., кафедра «Промышленный и городской транспорт», Луганский национальный университет имени В. Даля.

E-mail: gubacheva_snu@bk.ru

Larisa A. Gubacheva, Dr. Tech. Sc., Professor of the «Industrial and urban transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University

E-mail: gubacheva_snu@bk.ru

Андреев А.А. – к.т.н., доц., кафедра «Промышленный и городской транспорт», Луганский национальный университет имени В. Даля.

E-mail: tmtl_snu@mail.ru

Alexandr A. Andreev, Cand. Tech. Sc., Associate Professor of the «Industrial and urban transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University

E-mail: tmtl_snu@mail.ru

Панфилов А.М. - к.т.н., доц., кафедра «Промышленный и городской транспорт», Луганский национальный университет имени В. Даля.

E-mail: privoz51a@mail.ru

Alexandr M. Panfilov, Cand. Tech. Sc., Associate Professor of the «Industrial and urban transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University

E-mail: privoz51a@mail.ru

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 21.03.2017

УДК 621.433

О ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ ПОЛУЧЕННОМ ИЗ ПЕЛЛЕТНОГО ТОПЛИВА В АВТОМОБИЛЬНОМ ГАЗОГЕНЕРАТОРЕ

Губачева Л.А., Шевченко Д.Ю.

THE PRODUCT GAS OBTAINED FROM THE PELLET FUEL IN THE AUTOMOBILE GAS –GENERATOR

Gubacheva L., Shevchenko D.

В работе обоснована методика расчета состава генераторного газа, получаемого при использовании технологии газификации топлива с нижней подачей сырья. Представлена методика расчета и результаты расчета состава генераторного газа для различных видов пеллетного топлива. Выполнен анализ расчетных данных.

Ключевые слова: автомобильный газогенератор, биотопливо, пеллеты, горелка объемного горения.

Введение. Альтернативой жидкому топливу для обеспечения работы двигателей внутреннего сгорания является газообразное топливо, которое отличается относительной дешевизной по сравнению с жидким топливом. Кроме этого, оно имеет следующие преимущества: экологическая безопасность; более высокое октановое число; при использовании улучшается ходовая характеристика двигателя; в головках цилиндров практически не образуется нагар; уменьшается износ цилиндропоршневой группы и расход масла. Одним из видов газообразного топлива, используемого для ДВС, является генераторный газ [1].

В настоящее время для получения генераторного газа применяется пеллетное топливо - одно из наиболее технологичных и экономичных источников экологически чистой энергии, получаемое из отходов лесозаготовки и деревообработки, биомассы растений [2, 3].

На ценообразование топлива влияют транспортные расходы, поэтому экономически более эффективным является использование топлива, изготовленного в непосредственной близости от потребителя [4, 5].

В данный момент пеллетное топливо используется для сжигания в установках для получения тепла с использованием горелок факельного и объемного типа. В мире пока еще не существует единых стандартов на пеллетное топливо, поэтому фирмы, выпускающие оборудование, работающее на нем, привязывают потребителей к определенному сорту топлива.

Связанно это с тем, что оборудование проектируется и изготавливается под определенный вид топлива [6-8].

В России и Украине отсутствуют стандарты на качество данной продукции. В Европе с 1-го января 2010 г. действуют новые стандарты качества на топливные гранулы (EN 14961-2), которые будут подтверждаться международным сертификатом EN plus. После введения в Европе новых норм качества на топливные гранулы (EN 14961-2) все национальные стандарты DIN Plus, DIN 51731, O-Norm 7135, SS 1871 и другие потеряют свою силу. Требования по качеству гранул будут не только ужесточены, но и дополнены новыми критериями. Пеллеты будут разделяться по качественным параметрам на 3 класса. Самые строгие требования будут распространяться на пеллеты Первого сорта A1, максимально допустимая зольность для этих гранул 0,5% (гранулы из хвойных пород дерева) и 0,7% (из лиственных пород). В основном только такие гранулы могут быть использованы в частном секторе Западной Европы. Второй сорт гранул A2 может быть произведен из смешанных сортов дерева и обладать зольностью до 1%. Такие гранулы обычно используются в котлах и котельных более широкого профиля и в основном используются спросом на юге Европы. Гранулы третьего сорта B могут иметь зольность 3% [9, 10].

К содержанию генераторного газа, используемого для сжигания в ДВС, предъявляются более высокие требования, чем к газу, сжигаемому в установках для получения тепла. Содержание генераторного газа влияет на мощность и длительность эксплуатации двигателя, расход топлива, размеры и КПД газогенераторной установки, поэтому очевидным является выбор способа газификации топлива и прогнозирование содержания генераторного газа, получаемого из различных сортов пеллетного топлива при проектировании автомобильной газогенераторной установки.

Анализ последних исследований и публикаций. На состав газа существенное влияние оказывают продукты сухой перегонки топлива, причем степень этого влияния зависит от сорта топлива и типа автомобильного газогенератора. В зависимости от газообразования генераторы подразделяются на газогенераторы прямого (восходящего), обратного (нисходящего) и поперечного процесса газификации. При прямом процессе газификации не все составные части

топлива участвуют в процессе. В связи с верхним расположением зон сухой перегонки и сушки вся гигроскопическая влага топлива и летучие примешиваются к основному газу, образуемому в активном слое топлива. Наличие большого количества смол в газе

делает его непригодным для питания ДВС, так как при дальнейшем охлаждении газа смолы конденсируются в газопроводах и во всасывающей системе двигателя, нарушая тем самым его работу. Газогенератор обратного процесса газификации применяется для топлива с большим содержанием летучих веществ. Продукты сухой перегонки, проходя через зону с высокой температурой, подвергаются разложению, в результате чего количество смол на выходе из газогенератора существенно снижается. В газогенераторе поперечного процесса газификации воздух подводится через фурму, расположенную сбоку в нижней части газогенератора. Этот газогенератор непригоден для газификации топлива с большим содержанием летучих веществ, так как он не обеспечивает образования бессмольного газа [11, 12].

В зависимости от типа процесса газификации, применяемого для получения газа, используют различные методы расчета состава генераторного газа [11, 13].

Сжигания в газогенераторе с нижней подачей сырья является одной из наиболее распространенных технологий процесса газификации и используется для установок небольшой мощности сжигающих малозольную биомассу (древесная щепа, опилки) влажностью до 40 % [14, 15].

В настоящее время наиболее эффективной для сжигания с нижней подачей сырья является пеллетная горелка объемного горения (рис. 1), устанавливаемая в топке котла [6, 8, 16].

Действительный процесс газификации является смешанным процессом, так как часть влаги топлива участвует в газообразовании [16]. Подача воздуха в пеллетной горелке осуществляется сверху, при этом температура достигает 1300-1700⁰С.

Таким образом, активная зона занимает верхнюю часть горелки. Под кислородной зоной находится зона восстановления. Так как восстановительные реакции протекают с поглощением тепла, то температура в зоне восстановления понижается до 700-900⁰С. Ниже

активной зоны располагается зона сухой перегонки и зона подсушки топлива, температура в которых достигает 150-400⁰С и 100-150⁰С соответственно.

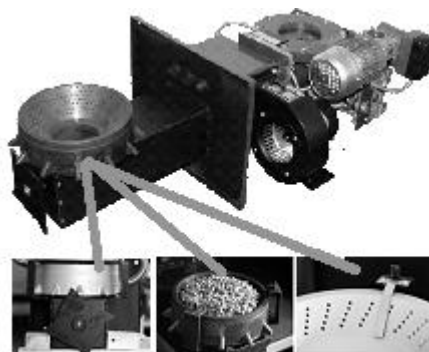


Рис. 1. Автоматическая пеллетная горелка объемного горения конструкции А.Б. Гордина

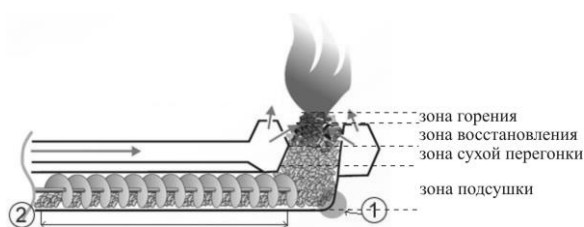


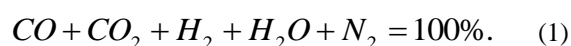
Рис. 2. Горелка объемного горения

Эти зоны обогриваются теплом, излучаемым топливом активной зоны. При этом влага топлива и летучие не могут выйти из газогенератора, минуя активную зону. В связи с этим, очевидно, процесс газификации пеллетного топлива в горелке объемного горения с нижней подачей сырья наиболее близок к обратному процессу газификации. В этом случае все составные элементы топлива и гигроскопическая влага принимают участие в образовании газа и влияют на его состав.

Материалы и результаты исследования. Рассматриваемая методика расчета содержания генераторного газа автомобильной газогенераторной установки для обратного процесса газификации, основанная на материальном и тепловом балансе процесса газификации, учитывающая константу равновесия газа при температуре выхода его из активного слоя топлива, состоит из уравнения баланса углерода, водорода, кислорода, азота, константы равновесия водяного газа, теплового баланса процесса газификации [17, 18].

Расчет состава газа при обратном процессе газификации ведется из условия получения 100 моль влажного газа из топлива.

Газ состоит из следующих компонентов: CO, CO_2, H_2, H_2O, N_2 , тогда уравнение при наличии этих компонентов имеет вид:



Содержанием метана в газе при составлении уравнений пренебрегают, а при окончательном расчете вносят поправку на состав газа, принимая, что в нем содержится 1,5% метана.

Горючая масса топлива состоит:

$$C^P + H^P + O^P + W^P + A^P = 100\%. \quad (2)$$

где C^P - рабочая масса углерода в %;

H^P - рабочая масса водорода в %;

O^P - рабочая масса кислорода в %;

W^P - содержание влаги в топливе в %;

A^P - зола в %.

Для определения содержания CO , CO_2 , H_2 , H_2O , N_2 и выхода $v_{г.г}$ влажного газа на один килограмм топлива составляются уравнения баланса углерода, водорода, кислорода, азота, константы равновесия водяного газа, тепловой баланс процесса газификации.

В материальном балансе учитывается, в соответствии с законом сохранения вещества, переход элементов топлива C^P, H_2^P, O_2^P и воздуха O_2^B, N_2^B в газ по следующим трем уравнениям баланса углерода, водорода, кислорода.

Баланс углерода C^P , в молях, определяется с учетом того, что весь углерод топлива, за исключением потерь его с недожогом в золе, переходит в газ в виде CO, CO_2 .

Объем получаемого газа определяется по формуле:

$$V_{г.г} = 100 \cdot V_{м.г}, \quad (3)$$

где $V_{м.г} = 22,4$ - объем одного моля газа в $нм^3$ при температуре 0° и давлении 760 мм рт. ст.

Количество топлива, необходимого для получения $V_{г.г}$ газа:

$$G_T = \frac{V_{г.г}}{v_{г.г}}. \quad (4)$$

Количество углерода в рабочем топливе определяется из уравнения:

$$C_m^P = \frac{G_T C^P}{100}. \quad (5)$$

Количество углерода в топливе, в молях, определяется по формуле:

$$C_m^P = \frac{1,867 C^P}{v_{г.г}} \quad (6)$$

Объемное содержание CO и CO_2 в газе соответствует содержанию их в молях.

С учетом недожога уравнение баланса углерода записывается в следующем виде:

$$\frac{1,867 C^P}{v_{г.г}} \left(\frac{100 - \delta}{100} \right) = CO + CO_2, \quad (7)$$

где δ - потери углерода в очаговых остатках в виде пыли, большее значение берется при газификации мягких пород, меньшее значение для твердых пород древесины.

Действительное количество углерода, расходуемого на образование газа, выражается через:

$$C^P \left(\frac{100 - \delta}{100} \right) = CO + CO_2. \quad (8)$$

Окончательно формула имеет вид:

$$\frac{1,867 C^P}{v_{г.г}} = CO + CO_2. \quad (9)$$

Баланс водорода H^P , в молях, определяется с учетом того, что весь свободный водород и водород H_w^P связанный во влаге топлива, переходит в свободный водород газа и в водород, связанный в неразложившемся паре.

Содержание свободного водорода в топливе, в молях, определяется по формуле:

$$H_m^P = \frac{11,2 H^P}{v_{г.г}}. \quad (10)$$

Количество водорода, в молях, связанного во влаге топлива определяется из уравнения:

$$H_w^P = \frac{1,244 W^P}{v_{г.г}}. \quad (11)$$

Баланс водорода, в молях, имеет вид:

$$\frac{11,2 H^P}{v_{г.г}} + \frac{1,244 W^P}{v_{г.г}} = H_2 + HO_2. \quad (12)$$

Баланс кислорода определяется исходя из того, что количество кислорода, поступающего из пеллетного топлива, складывается из кислорода горючей массы и кислорода, связанного во влаге топлива.

Содержание свободного кислорода в топливе, в молях, определяется по формуле:

$$O_m^p = \frac{0,7O^p}{v_{6,2}}. \quad (13)$$

Количество кислорода, в молях, связанного во влаге топлива, определяется из уравнения:

$$O_w^p = \frac{0,622W^p}{v_{6,2}}. \quad (14)$$

Количество кислорода из воздуха определяется из условия, что весь азот поступает только с воздухом по формуле:

$$O_2^6 = 0,266N_2 \quad (15)$$

Кислород входит в газ в составе CO , CO_2 , H_2O .

Баланс кислорода, в молях, имеет следующий вид:

$$\frac{0,7O^p}{v_{6,2}} + \frac{0,622W^p}{v_{6,2}} + 0,266N_2 = CO_2 + 0,5(CO + H_2O). \quad (16)$$

По обратимой реакции водяного газа между четырьмя компонентами CO , CO_2 , H_2 , H_2O устанавливается равновесное состояние, зависящее от температуры.

Константа равновесия этой реакции определяется по формуле:

$$K_p = \frac{CO \cdot H_2O}{CO_2 \cdot H_2}. \quad (17)$$

Равновесное состояние водяного газа достигается в газогенераторах при константе $K_p = 1,7 - 2,5$, соответствующей температуре выше $1000^\circ C$ [11].

Следующее уравнение для расчета состава газа определяется из теплового баланса процесса газификации.

Потери тепла при процессе газификации учитываются условным КПД газогенератора:

$$\eta_z = \frac{v_{6,2} Q_n^{6,2}}{Q_n^p}, \quad (18)$$

где $Q_n^{6,2}$ - теплотворность влажного газа.

Теплотворность влажного газа определяем по формуле:

$$Q_n^{6,2} = 30,5CO + 25,7H_2. \quad (19)$$

После подстановки уравнения (19) в уравнение (18) и преобразования формула уравнения теплового баланса имеет вид:

$$\eta_z \frac{Q_n^p}{v_{6,2}} = 30,5CO + 25,7H_2. \quad (20)$$

Уравнение для азота выводят из баланса состава газа:

$$100 - (CO + CO_2 + H_2 + H_2O) = N_2. \quad (21)$$

Для определения состава газа и выхода его из одного килограмма топлива решается система уравнений (9), (12), (16), (17), (20) и (21).

Элементарный состав горючей массы ствольной древесины практически одинаков для всех пород (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав массы пеллетного топлива [11, 19]

Химические элементы	Содержание, %
Углерод	50 - 51
Водород	6 - 6,1
Кислород	42,3 - 43
Азот	< 0,3 - 1

Зольность сухой древесины в зависимости от породы древесины (табл. 2).

Таблица 2

Зольность сухой древесины в зависимости от породы древесины [11]

Порода	Содержание золы, %	
	в стволе	в сучьях
Сосна	0,24	1,72
Береза	0,35	2,42
Осина	0,75	2,35

КПД пеллетных котлов с горелками объемного типа - до $\eta_z = 95\%$ (модели Vitolig 300 от VISSMANN (Германия), GD-WB от GRANDEG (Латвия), Biomatic от THERMIA (Швеция), Venekov ling и Pelling 27 от BENEKOV (Чехия)), а константа равновесия $K_p = 0,76$ при температуре $750^\circ C$, выходящего из активного слоя [17]. Потери углерода в очаговых остатках в виде пыли $\delta = 1,5 - 2,5\%$, где большее значение берется при газификации мягких пород, меньшее значение - для твердых пород древесины [11].

Теплоту сгорания (Q), высшую (Q_B) и низшую (Q_H), в $МДж/м^3$, вычисляли по формуле согласно ГОСТ 22667-82:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i, \quad (22)$$

где Q_i - теплота сгорания газа (высшая и низшая) i -го компонента газа (табл. 3);

C_i - доля i -го компонента в газе (табл. 4).

Предприятия, изготавливающие pellets для европейских рынков, придерживаются стандартов,

которые представлены в табл. 3 [20, 21]. Результаты расчета химического состава генераторного газа, полученного при прямом процессе газификации различных марок pellets топлива, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные показатели pellets топлива

Топливо	Содержание в % по весу не более			Состав газа, %				
	влаги $W_{абс}$	зола A^e	серы S^c	CO	H ₂	CO ₂	CH ₄	N ₂
Пеллеты с низким содержанием коры (первый сорт)	5-7%	Менее 0,7	-	40,50	21,50	0,70	1,50	37,40
Промышленные пеллеты, содержание коры - более 0,7- 1,5%	5-7%	более 0,7	-	38,86	22,18	1,76	1,5	37,19
DIN 51 731, Германия	< 12	< 1,50	< 0,08	35,01	23,99	4,27	1,5	36,71
DIN plus, Германия	< 10	< 0,50	< 0,04	36,58	23,27	3,26	1,5	36,88
O-Norm M 7135, Австрия	< 10	< 0,50	< 0,08	36,60	23,28	3,25	1,5	36,86
SS 18 71 20, Швеция	< 10	< 1,50	< 0,08	36,51	23,30	3,29	1,5	36,88
Commercial, Великобритания	< 10	1, 3 или 6	< 0,08	36,53 36,10	23,30 23,41	3,28 3,50	1,5	36,88 36,98
Пеллеты, полученные из разных видов сырья, по данным компаний ООО «ЭКОРОСС»	8,3-8,5	0,5	-	37,70	22,73	2,52	1,5	37,03
Средний состав газа				35-40	21-24	0,7- 4,3	1,5	37

Таблица 4

Высшая и низшая теплота сгорания и относительная плотность* компонентов сухого природного газа при 0 °C и 101,325 кПа** (ГОСТ 22667-82)

Наименование компонента	Формула	Теплота сгорания				Относительная плотность
		высшая		низшая		
		МДж/м ³	ккал/м ³	МДж/м ³	ккал/м ³	
Водород	H ₂	12,75	3040	10,79	2580	0,0695
Оксид углерода	CO	12,64	3020	12,64	3020	0,9671
Двуокись углерода	CO ₂	-	-	-	-	1,529
Азот	N ₂	-	-	-	-	0,967

* Плотность воздуха принята равной 1.

** Данные таблицы приведены с учетом коэффициента сжимаемости Z.

Теплота сжигания сухого генераторного газа из исследуемых древесных pellets составляет 7,82-8,30 МДж/м³.

Некоторые отличия в химическом составе генераторного газа, полученного из pellets топлива различных марок, можно объяснить различным содержанием в pellets зола и влаги (табл. 3), а это, в свою очередь, зависит от наличия коры в паллетах, технологии их изготовления, вида используемой древесины.

Химический состав pellets влияет на их теплоту сгорания: чем выше содержание горючих газов, тем выше теплота сгорания, а значит, и эффективность работы автомобильного газогенератора. Из табл. 3 видно, что на теплоту

сгорания влияет не порода древесины, используемая для изготовления pellets, а ее химический состав. Полученные данные согласуются с работой [13].

Выводы. 1. Установлено, что процесс газификации pellets топлива в горелке объемного горения с нижней подачей сырья наиболее близок к обратному процессу газификации.

2. Для эффективной работы автомобильной газогенераторной установки необходимо использовать pellets первого сорта А1, максимально допустимая зольность для этих гранул 0,5 % (гранулы из хвойных пород дерева) и 0,7 % (из лиственных пород), или аналогичные, близкие по свойствам.

3. Получила дальнейшее развитие методика расчета состава генераторного газа, учитывающая нижнюю подачу пеллетного топлива в зону газификации автомобильного газогенератора.

4. Установлено, что сорт пеллетного топлива влияет на химический состав получаемого газа и, как следствие, на теплоту его сжигания, и на эффективность работы автомобильного газогенератора.

5. Полученные данные указывают на необходимость единого мирового стандарта на пеллетное топливо для конструирования и изготовления эффективных устройств газификации, в том числе для автомобильных газогенераторов.

Л и т е р а т у р а

1. Губачева Л.А., Андреев А.А., Шевченко Д.Ю. О перспективах использования газогенераторов в угольной промышленности // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2008 (53). Частина 1. с. 67-68.

2. Дунаев К.Н., Ермоленко Б.В. Эколого-экономическая оптимизация производства древесных гранул из отходов лесопромышленного комплекса // Безопасность в техносфере. - 2009. - N 1. - С. 24-29.

3. Гранулированное топливо из отходов сельскохозяйственных предприятий, лесной и деревообрабатывающей промышленности / Кузьмич В.В., Русан В.И., Цедик В.А. и др. // Аграрная энергетика в 21 веке: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25-26 сент. 2001. - Минск: Технопринт, 2001. - С. 243-245.

4. Лос Л.В. Перспективи розширення використання обладнання для газифікації біомаси в умовах сільських господарств полісся / Л.В. Лос, Л.В. Романишин, А.А. Голубенко, А.А. Цивенкова Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, 2012. - №10 т. 1 (58), С. 66-78.

5. Нежинская А. Пеллеты: транспортная зависимость // РЖД-Партнер. - 2007. - N 23(123). - С. 64-67.

6. Шевченко Д.Ю. Направление работ по усовершенствованию газогенераторных установок для промышленного транспорта / Д.Ю. Шевченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля, 2013, - №9 (198). - Частина 1, Луганськ, 2010. - С. 254-261.

7. Современные твердотопливные котлы, сжигающие древесину // Аква-Терм. - 2015. - N 6(88). - С. 18-23.

8. О.Г. Брюнина. Особенности применения котлов пеллетного типа. Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VI международной научно-практической конференции / под общ. ред. Трушкина В.А. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. - С. 8-10.

9. Ракитова О. С. Развитие рынка топливных гранул в России, Европе и мире: тенденции и проблемы, возобновляемая энергетика на Северо-Западе России: сборник докладов международного конгресса «Дни чистой энергии в Петербурге – 2010» / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Елистратова В.В. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. - С. 42-45.

10. Рынкевич М. Параметры оценки агломерированного твердого биотоплива согласно европейским стандартам / М. Рынкевич // Вестник ВНИИМЖ, 2013. - №3(11). - С 105-110.

11. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили / Г.Г. Токарев / Машгиз., 1955. - 205 с.

12. Самылин А.А. Настольный справочник конструктора газогенераторный установок / А.А. Самылин, Н.М. Цивенкова / ДАУ Житомир 2007. - 555 с.

13. Серков Б.Б. Тепловыделение при горении древесины / Б.Б. Серков, А.Б. Сивенкова, Буй Динь Тхань, Р.М. Асеева // Лесной весник, 2003 - №5. - С. 74-79.

14. Обзор современных технологий газификации биомассы/ Т.А. Железная, Г.Г. Гелетуха // Промышленная теплотехника: международный научно-прикладной журнал. - К.: Издательство "Логос". - ISSN 0204-3602. - 2006. - Том 28, N 2. - С. 61-75. - Библиогр. в конце ст.

15. Obernberger J. Decentralized Biomass Combustion: State of the Art and Future Development // Biomass and Bioenergy. - 1998. - Vol. 3, №1. - P. 33-56.

16. Леонтьев А.К. К расчету температурного режима и состава генераторных газов при автотермическом способе газификации древесины // Теплоэнергоэффективные технологии. - 2003. - N 4. - С. 44-51, 74, 78.

17. Юдушкин Н.Г. Генераторные тракторы / Н.Г. Юдушкин/ Государственное научно-техническое издание машиностроительной литературы, 1955. - 242 с.

18. Дибенко В.Д., Плотников Д.А. Основание и разработка автономной установки по производству пеллет с энергообеспечением от перерабатываемого сырья // Альтернативная энергетика и экология. - 2008. - №9. - С. 61-67.

19. Инновационное топливо // Лесная индустрия. - 2005. - №2 (№4).

20. Ракитова О.С., Овсянко А.Д., Александрова С.Е. Справочник: Древесная топливная гранула в России и СНГ. - СПб.: Конфедер. об-ний, пред. и орг. лесопром. комплекса Сев.-Зап. - 2005. - 122 с. (Биоэнергетика).

21. Овсянко А.Д. Справочник. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина/ А.Д. Овсянко/ Санкт-Петербург, Биотопливный портал WOOD-PELLETS.COM, 2007 г. 200 с.

R e f e r e n c e s

1. Gubacheva L.A., Andreev A.A., Shevchenko D.Yu. O perspektivah ispolzovaniya gazogeneratorov v ugolnoi promishlennosti // Visnik KDPU imeni Mihaila Ostrogradskogo. Vipusk 6/2008 (53). Chastina 1. s. 67-68.

2. Dunaev K.N., Ermolenko B.V. Ekologo-ekonomicheskaya optimizaciya proizvodstva drevesnih granul iz othodov lesopromishlennogo kompleksa // Bezopasnost v tehnosfere. - 2009. - N 1. - S. 24-29.

3. Granulirovannoe toplivo iz othodov selskohozyaistvennih predpriyatii, lesnoi i derevoobrabatvayuschei promishlennosti / Kuzmich V.V., Rusan V.I., Cedik V.A. i dr. // Agrarnaya energetika v 21 veke: materialy mejdnar. nauch.-tehn. konf., Minsk, 25-26 sent. 2001. - Minsk: Tehnoprnt, 2001. - S. 243-245.

4. Los L.V., Prospects for expanding the use of equipment for biomass gasification in languages farms woodlands / L.V. Los, L.V. Romanishyn, A.A. Golubenko, A.A. Tsyvenkova Scientific works of Vinnytsia National Agrarian University, 2012, - №10 v. 1 (58), S. 66-78

5. Nejninskaya A. Pelleti: transportnaya zavisimost // RJD-Partner. - 2007. - N 23(123). - S. 64-67.

6. Shevchenko D.Y. The direction of the work on the improvement of gas plants for industrial vehicles / D.Y. Shevchenko // News Shidnoukrainskogo natsionalnogo universitetu imeni V. Dallya 2013. - №9 (198). - 1 Chastina, Luhansk, 2010. - P. 254-261.

7. Modern solid fuel boilers that burn wood // Aqua-Therm. - 2015. - N 6 (88). - S. 18-23.

8. O.G. Bryunin. Features of pellet boilers type. Actual problems of agribusiness power: the VI International scientific-practical conference / under total. ed. Trushkina V.A. - Saratov "TseSAin" LLC, 2015. - S. 8-10

9. Rakitova O.S. Market development of fuel pellets in Russia, Europe and the world: trends and issues, renewable energy in North-West Russia: proceedings of the International Congress "The days of pure energy in St. Petersburg - 2010" / under total. ed. Dr. tehn. Sciences, prof. Elistratova V.V. ... - SPb.: Publishing house of the Polytechnic. University Press, 2010. - P. 42-45.

10. Rynkevich M. Evaluation parameters agglomerated solid biofuels according to European standards /M. Rynkevich // Herald VNIIMZH, 2013. - №3 (11) - P. 105-110.

11. Tokarev G.G. Gazogeneratornie avtomobili / G.G. Tokarev / Mashgiz., 1955. - 205 s.

12. Samylin A.A. Table reference designer gasification plants / A.A. Samylin, N.M. Tsivenkova / DAM Zhitomir, 2007. - 555 p.

13. Serkov B.B. Heat generation by burning wood / B.B. Serkov, A.B. Sivenkova, Bui Dinh Thanh, RM Aseeva // Forest Bulletin 2003. - №5. - S. 74-79.

14. Obzor sovremennih tehnologii gazifikatsii biomassi/ T.A. Jeleznaya, G.G. Geletuha // Promishlennaya teplotekhnika: mejdunarodnii nauchno-prikladnoi jurnal. - K.: Izdatelstvo "Logos". - ISSN 0204-3602. - 2006. - Tom 28, N 2. - C. 61-75. - Bibliogr. v konce st.

15. Obernberger J. Decentralized Biomass Combustion : State of the Art and Future Development // Biomass and Bioenergy. - 1998. - Vol. 3, № 1. - P. 33-56.

16. Leontev A.K. K raschetu temperaturnogo rejima i sostava generatornih gazov pri avtotermicheskom sposobe gazifikatsii drevesini // Teploenergoeffektivnie tehnologii. - 2003. - N 4. - S. 44-51, 74, 78.

17. Yudushkin N.G. Generatornie traktori / N.G. Yudushkin/ Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdanie mashinostroitelnoi literature. - 1955. - 242 s.

18. Dibenko V.D., Plotnikov D.A. Osnovanie i razrabotka avtonomnoi ustanovki po proizvodstvu pellet s energoobespecheniem ot pererabativaemogo sirya // Alternativnaya energetika i ekologiya. - 2008. - № 9.-S. 61-67.

19. Innovacionnoe toplivo // Lesnaya industriya. - 2005. - № 2 (№ 4).

20. Rakitova O.S., Ovsyanko A.D., Aleksandrova S.E. Spravochnik: Drevesnaya toplivnaya granula v Rossii i SNG. -

SPb.: Konfeder. ob-nii, pred. i org. lesoprom. kompleksa Sev.-Zap. - 2005. - 122 s. (Bioenergetika).

21. Ovsyanko A.D. Spravochnik. Toplivnaya granula: Rossiya, Belarus, Ukraina/ A.D. Ovsyanko/ Sankt-Peterburg, Biotoplivnii portal WOOD-PELLETS.COM, 2007 g. 200 s.

Gubacheva L., Shevchenko D.

THE PRODUCT GAS OBTAINED FROM THE PELLET FUEL IN THE AUTOMOBILE GAS –GENERATOR

We justify the method of calculation of the composition of the product gas produced when using fuel gasification technology with bottom feed. The methods of calculation and results of calculation of the composition of the gas generator for different types of pellet fuel. Completed analysis of the calculated data.

Keywords: automobile producer, biofuel pellets, bulk combustion burner.

Губачёва Лариса Александровна – д.т.н., проф., кафедра «Промышленный и городской транспорт», Луганский национальный университет имени В.Даля.

E-mail: gubacheva_snu@bk.ru

Larisa A. Gubacheva, Dr. Tech. Sc., Professor of the «Industrial and urban transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: gubacheva_snu@bk.ru

Шевченко Дарья Юрьевна – старший преподаватель кафедры промышленный и городской транспорт, Институт транспорта и логистики, Луганского национального университета им. В. Даля (г. Луганск).

E-mail: shevchenkodu@mail.ru

Darya U. Shevchenko, Senior Lecturer of the «Industrial and urban transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: shevchenkodu@mail.ru

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., зав.каф. «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 621.926

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Дмитриенко Д.В.

IMPROVEMENT OF DUST CATCHING EQUIPMENT EFFICIENCY

Dmitrienko D.V.

Статья посвящена актуальной теме анализа перспектив применения вихревых регулирующих органов в системах воздухоочистки на транспорте и в технологических процессах предприятий металлургической и добывающей промышленности. Рассмотрена схема установки, разработанной для использования вихревых регулирующих органов совместно с существующими циклонными пылеуловителями. Приведены результаты численного моделирования поля скоростей движения несущей фазы и траекторий движения частиц кварцевого песка в представленной установке.

Ключевые слова: циклон, воздухоочистка, частица, пылеуловитель, вихревой регулирующий орган.

Введение. В металлургической и добывающей промышленности среди основных технологических процессов выделяются пылеочистка, обогащение и классификация, в целлюлозно-бумажной промышленности – очистка рабочей массы, в транспортных энергоустановках – очистка воздуха, топлив и масел от воды и механических примесей, и т.д. [1-3]. В данных процессах важное место занимают центробежные инерционные пылеуловители и сепараторы – циклоны.

Циклоны просты по конструкции и легко управляемы, дешевы в изготовлении, компактны, достаточно эффективны и отличаются значительной производительностью. Данные достоинства позволили найти широкое применение в разных областях промышленности. Возможности циклонов как разделительных устройств используются и для жидких смесей. Смесей могут содержать больше двух жидкостей, которые взаимно не растворяются, в виде нестабильной эмульсии, состоять из жидких и газообразных компонентов [2]. Отделение твердых частиц от текучей среды осуществляется в тех случаях, когда среда является газом или жидкостью [3]. В данное время все еще существуют резервы повышения эффективности работы подобных устройств.

Анализ последних исследований и публикаций. Информация о совершенствовании

сепараторов циклонного типа содержится в работах [4-7]. Сведения по моделированию изотермического циклонного потока могут быть найдены в работах Perry and Green [6], Boysan [8], Hirai [9]. Экспериментальные результаты изучения поля скоростей и падение давления были представлены авторами Boysan [8], Hirai [9]. Тем не менее, сложная гидродинамика потоков в различных конструкциях циклонов исследована недостаточно полно, в данное время существует множество экспериментальных и теоретических формул для расчетов величины предельного зерна [4-6].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что для дальнейшего повышения эффективности процессов пылеулавливания и сепарации возникает необходимость в поиске новых методов совершенствования современного пылеулавливающего оборудования с внедрением вихревых регулирующих органов [10, 11]. Эти исследования могут быть надежной основой для разработки физически обоснованных инженерных методов расчетов параметров использования этих устройств в гидротранспорте. Результаты исследований могут иметь практическое значение не только в области гидротранспорта, но и в тех областях техники, где используются неоднородные потоки.

Цель исследования. Для повышения эффективности работы существующих конструкций пылеулавливающего оборудования необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования использования вихревых регулирующих органов в процессах, где используется это оборудование.

Целью проведенных в работе исследований было повышение эффективности работы классифицирующего и пылеулавливающего оборудования путем внедрения вихревых регулирующих органов.

Материалы и результаты исследования. Задача повышения эффективности работы циклона путем регулирования процесса распределения без изменения геометрических размеров песковой

насадки и обеспечения работы в аварийном режиме достигается тем, что циклон обеспечивается присоединенным к песковой насадке вихревым регулирующим органом с осевым или радиальным каналом питания и тангенциальным каналом управления. Таким образом, появляется возможность регулирования давления на выходе из песковой насадки, которая меняет характеристики потока через песковую насадку. Поток управления работой вихревого регулирующего органа может быть как жидким, так и газообразным.

Применение предложенной схемы (рис. 1) обеспечивает возможность регулирования процесса разделения смесей или эффективности пылеулавливания без изменения геометрических размеров песковой насадки, а также обеспечение перекрытия потока через нижнюю часть циклона для внеплановых работ [13].

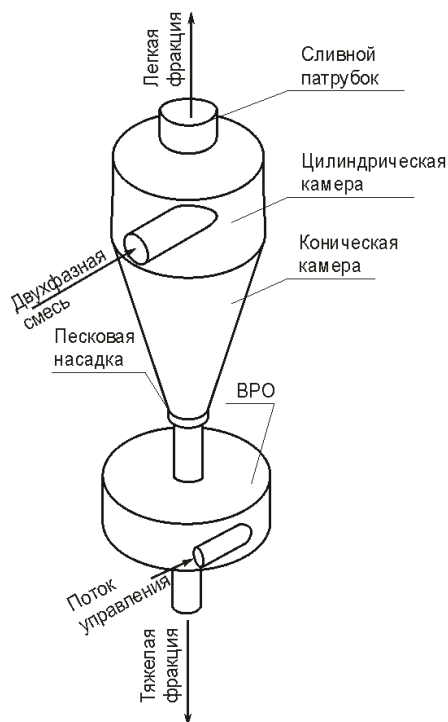


Рис.1. Схема использования ВРО на выходе из циклонного сепаратора

Циклон работает следующим образом. Двухфазная смесь подается в циклон через питательный патрубок. Под влиянием центробежных и гравитационных сил в циклоне происходит распределение частиц. Более крупные и тяжелые частицы отбрасываются к периферии и, опускаясь по стенкам цилиндрической камеры и конической камеры, направляются к песковой насадке и через вихревой регулирующей орган выгружаются в выходной канал, мелкие и легкие частицы выталкиваются к оси цилиндрической камеры циклона и удаляются из него через сливной патрубок. Все это происходит при отсутствии

давления управления в тангенциальном канале управления вихревого регулирующего органа .

При необходимости увеличения эффективности разделения (аналог уменьшения геометрического параметра песковой насадки) подается давление управления в тангенциальный канал управления вихревого регулирующего органа. При этом в нем возрастает гидравлическое сопротивление, также меняется давление на выходе из песковой насадки, что влияет на размер частиц или плотность среды, попадающей в сливной патрубок. При необходимости (в экстренном случае) возможна и полная отсечка потока классифицируемой двухфазной среды путем полного закрытия вихревого регулирующего органа вследствие подачи необходимого давления в тангенциальный канал управления вихревого регулирующего органа.

Типичная конструкция наиболее распространенного конического циклона представлена на рис. 2 [3]. Циклон включает корпус, состоящий из конуса 2 и цилиндра 3 и закрытый сверху крышкой. Непосредственно под крышкой, тангенциально к цилиндрической части, расположен питательный патрубок 5, через который под давлением подается среда, подвергаемая очищению от твердых частиц. На оси циклона в центре крышки расположен сливной патрубок 4, а в вершине конуса – разгрузочное отверстие (песковая насадка) 1. Входное отверстие на нижнем конце сливного патрубка 4 называют сливным отверстием.

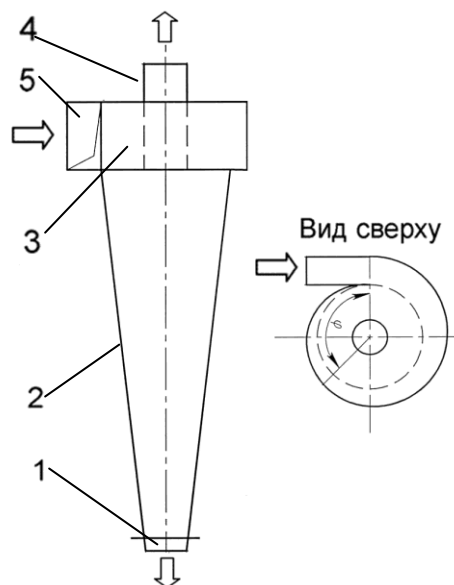


Рис. 2. Конический циклон

Схема движения жидкости в циклоне достаточно сложна [1-5], около стенки корпуса циклона поток движется вниз, он содержит основную часть твердых частиц, которые предварительно были отброшены к стенкам под

действием центробежных сил. Спускаясь по стенкам к вершине конуса и сгущаясь в меру уменьшения сечения конической части, твердые частицы с некоторым количеством очищаемой среды выходят через разгрузочное отверстие. Большая часть твердых частиц покидает циклон через разгрузочное отверстие. Тем не менее наиболее легкие частицы не всегда сепарируются и попадают в сливное отверстие.

В случае приблизительного равенства сил, действующих на частицу (с одной стороны, центробежных сил, а с другой стороны, суммы сил вязкости и сопротивления среды), она находится в квазиравновесном состоянии и может продолжительное время циркулировать в циклоне.

Для решения уравнений Навье-Стокса в приближении Рейнольдса необходимо использовать модели турбулентности для вычисления напряжений Рейнольдса. В работах [9-11] рассмотрены RNG, стандартная "к-ε"-модель и модель турбулентных напряжений Рейнольдса, RSM. Исследования моделей RNG, RSM и стандартной "к-ε" не показали существенного различия в расчетных скоростных профилях между стандартом и моделями RNG [9-11], поэтому в нашем случае используем стандартную "к-ε"-модель.

С помощью программного продукта Cosmos Flowworks на основе конечно-объемного метода решалась система уравнений сохранения массы, момента и энергии в трех измерениях. Общий подход к моделированию течения в ВРО описан в [11]. Результаты расчетов поля скоростей несущей жидкости и траекторий движения частиц твердой фазы для полностью открытого состояния ВРО и при перекрытии потока представлены на рис. 3.

Из рис. 3. видно, что при отсутствии управления ВРО, картина течения в циклоне является классической вследствие разности плотностей несущей жидкости и твердой фазы, большая часть потока несущей среды движется к сливному патрубку, незначительная – к разгрузочному отверстию в конической части циклона.

Движение частиц в несущей среде моделировалось в 2 этапа: вначале – моделирование изотермического движения несущей среды, затем – расчет параметров движения и траекторий частиц в несущем потоке. В качестве экспериментального образца для моделирования брался кварцевый песок с медианным диаметром $(8,32,50) \cdot 10^{-6}$ м.

Результаты моделирования траекторий движения частиц твердой фазы при отсутствии управления ВРО и при полностью закрытом ВРО показаны на рис. 4.

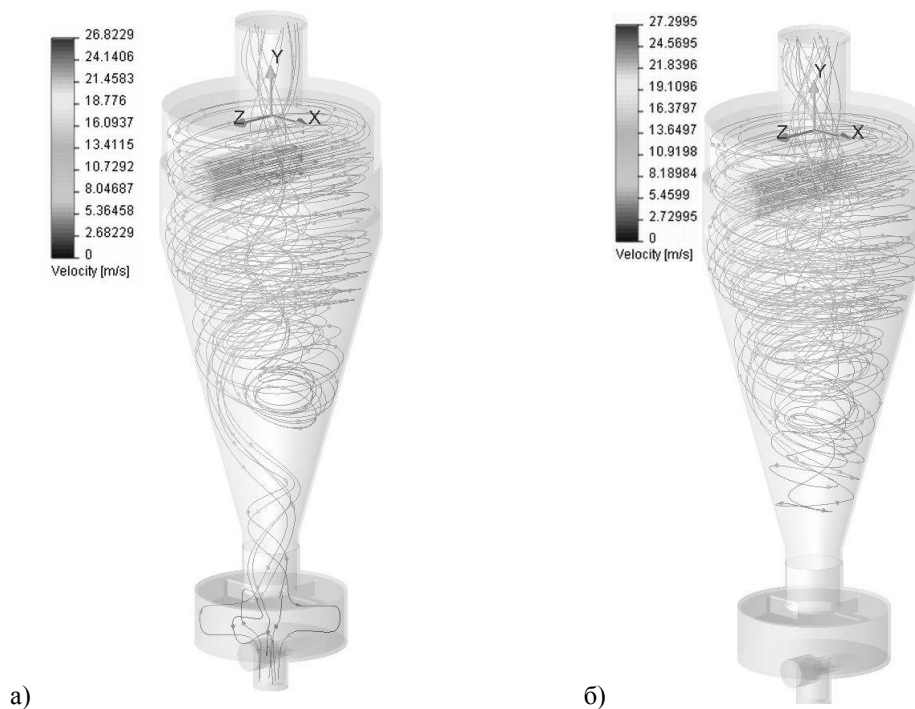


Рис. 3. Результаты трехмерного моделирования поля скоростей несущей фазы: а) без подачи управления на ВРО, б) в случае перекрытия потока несущей фазы через ВРО

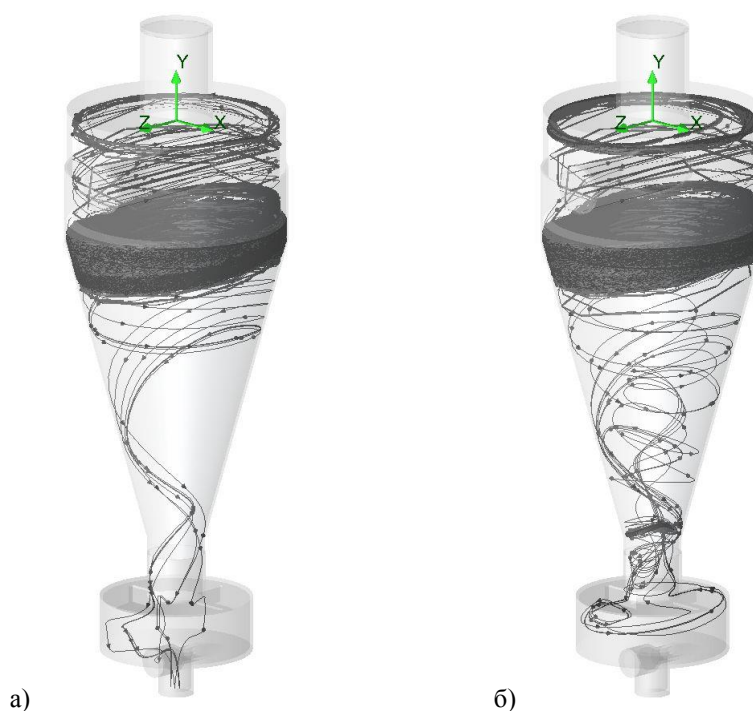


Рис. 4. Результаты трехмерного моделирования траекторий движение частиц твердой фазы: а) без подачи управления на ВРО, б) в случае перекрытия потока несущей фазы через ВРО

Как видно (рис. 4), в случае открытого ВРО часть кварцевой пыли покидает циклон через разгрузочное отверстие, оставшиеся частицы задерживаются в циклоне. При полностью закрытом ВРО частицы пыли не покидают пылеулавливающую установку.

Использованный подход к моделированию пылевоздушного течения в схеме «циклон-вихревой регулирующий орган» адекватно отражает реальные физические процессы измельчения антрацита в пневмотранспортной измельчительной установке.

Выводы. 1. Использование ВРО совместно с циклоном дает возможность расширить возможности применения последнего при изменении характеристик рабочей среды, что повышает эффективность их работы.

2. Результаты численного моделирования движения пылевоздушной смеси в циклоне и ВРО с помощью программного продукта Cosmos Floworks адекватно отражают физические процессы в установке.

3. Использование ВРО обеспечивает работу циклона в режиме перекрытия потока через разгрузочное отверстие при проведении внеплановых работ.

Л и т е р а т у р а

1. Гупта, А. Закрученные потоки / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. – М: Мир, 1987. – 588 с.
2. Халатов, А.А. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил: В 4-х т / А.А. Халатов, А.А. Авраменко, И.В. Шевчук. – Киев: Ин-т

техн. теплофизики НАН Украины, 2000. – т. 4: Инженерное и технологическое оборудование. – 212 с.

3. Василевский М.В. Транспортировка и осаждение частиц в технологиях переработки дисперсных материалов: монография / М.В. Василевский, В.И. Романдин, Е.Г. Зыков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 288 с.

4. Dyakowsky, T. Modelling turbulent flow within a small-diameter hydrocyclone / T. Dyakowsky, R.A. Williams // *Chemical Engineering Science*. – 1993. – 48, N 6.– P.1143-1152.

5. Кнауб, Л.В. Газодинамические процессы в вихревых аппаратах: Монография. – Одесса: Астропринт, 2003. – 272 с.

6. Perry's chemical engineers' handbook. — 7th ed. / Perry R.H., Green D.W., O'Hara J. M. – New York: McGrawHill, 1997. – 2611 p.

7. Батлук, В.А. Математические модели процессов разделения гетерогенных систем при пылеочистке // *Междун. науч.-практ. конф. «Новые машины для производства строительных материалов и конструкций, современные строительные технологии»*. – Полтава. – 2000. – С. 87-91.

8. Boysan, F. A fundamental mathematical modelling approach to cyclone design / Ayers, W.H. and Swithenbank, J. *Trans. Inst. Chem. Engng.* – 1982. – 60, pp. 222-230.

9. Hirai, S. Numerical prediction of flow characteristics and retardation of mixing in a turbulent swirling flow / S. Hirai, T. Takagi, T. Higashiya, *Int. J. of Heat Mass Transfer*. – 1989. – 32 (1), pp. 121-130.

10. Семин, Д.А. Математическое моделирование гетерогенных турбулентных течений в вихревых регулирующих органах / Д.А. Семин, Д.В. Дмитриенко // *Вестник ВНУ им. В. Даля*. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля. - №7 (101). – 2006. – С. 69-73.

11. Декларационный патент на полезную модель 6470 Украина, МПК (2004.08) кл. B65G 53/00, F15C1/00. Гидроциклон / Д.О. Сьомін, В.Б. Хайдакін, Б.Х. Таіров, Д.В. Дмитрієнко; 25.08.2004; опубл. 16.05.2005, Бюл. № 5.

12. Dmitrienko, D.V. Inertial dust catchers effectiveness Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume XA. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. - OL PAN, 2010, - 10A. - P. 103-107.

References

1. Gupta, A. Zakruchennyye potoki / A. Gupta, D. Lilli, N. Sayred. - M: Mir, 1987. - 588 s.

2. Halatov, A.A. Teploobmen i gidrodinamika v polyah tsentrobrezhnykh massovykh sil: v 4-h t / A.A. Halatov, A.A. Avramenko, I.V. Shevchuk. - Kiev: In-t tehn. teplofiziki NAN Ukrainyi, 2000. - T. 4: Inzhenernoe i tehnologicheskoe oborudovanie. - 212 s.

3. Vasilevskiy M.V. Transportirovka i osazhdenie chastits v tehnologiyah pererabotki dispersnykh materialov: monografiya / M.V. Vasilevskiy, V.I. Romandin, E.G. Zyikov; Tomskiy politehnicheskii universitet. - Tomsk: Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2013. - 288 s.

4. Dyakowsky, T. Modelling turbulent flow within a small-diameter hydrocyclone / T. Dyakowsky, R.A. Williams // Chemical Engineering Science. - 1993. - 48, N 6. - P.1143-1152.

5. Knaub, L.V. Gazodinamicheskie protsessy v vihrevykh apparatah: monografiya. - Odessa: Astroprint, 2003. - 272 s.

6. Perry's chemical engineers' handbook. — 7th ed. / Perry R.H., Green D.W., O'Hara J. M. - NewYork: McGrawHill, 1997.- 2611 p.

7. Batluk, V.A Matematicheskie modeli protsessov razdeleniya geterogennykh sistem pri pyileochistke // Mezhdun. nauch.-prakt. konf. «Novyye mashiny dlya proizvodstva stroitelnykh materialov i konstruksiy, sovremennyye stroitelnyye tehnologii». - Poltava. - 2000. - S. 87-91.

8. Boysan, F. A fundamental mathematical modelling approach to cyclone design / Ayers, W.H. and Swithenbank, J. Trans. Inst. Chem. Engng. - 1982. - 60, pp. 222-230.

9. Hirai, S. Numerical prediction of flow characteristics and retardation of mixing in a turbulent swirling flow / S. Hirai, T. Takagi, T. Higashiya, Int. J. of Heat Mass Transfer. - 1989. - 32 (1), pp. 121-130.

10. Semin, D.A. Matematicheskoe modelirovanie geterogennykh turbulentnykh techeniy v vihrevykh reguliruyuschih orga-nah / D.A. Semin, D.V. Dmitrienko // Vestnik VNU im. V. Dalya. - Lugansk: Izd-vo VNU im. V. Dalya. - N 7 (101). - 2006. - S. 69-73.

11. Declarative patent for the utility model 44274 Ukraine, MPK (2004.08) kl. B65G 53/00, F15C1/00. Hydrocyclon / V.O. Turushin, G.I. Nechaev, S.V. Lenich; zajavl. 05.05.2009; opubl. 25.09.2009, Bjul. № 18.

12. Dmitrienko, D.V. Inertial dust catchers effectiveness Polish academy of sciences branch in Lublin. TEKA. Commission of motorization and power industry in agriculture. Volume XA. TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. - OL PAN, 2010, - 10A. - P. 103-107.

Dmitrienko D.V.

IMPROVEMENT OF DUST CATCHING EQUIPMENT EFFICIENCY

The paper is devoted to the actual topic of prospects analysis for the use of vortex regulators in transport air-refining systems, and in metallurgy and mining industry processes. The stand scheme, designed for use of vortex regulators together with the cyclone dust catcher was designed. The results of numerical simulation of velocity field for carrying phase and particles of silica sand in designed stand are presented.

Keywords: cyclone, air cleaning, particle, dust collector, vortex regulator.

Дмитрієнко Дмитрій Володимирович – к.т.н., доцент кафедри «Транспортні системи», ГОУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет імені Володимира Дала».

E-mail: modus881@mail.ru

Dmitry V. Dmitrienko – Cand. Sci., associated professor of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: modus881@mail.ru

Рецензент: Семин Д.А., д.т.н., проф. кафедри гідрогазодинаміки, ГОУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет імені Володимира Дала».

Статья подана 31.03.2017

УДК 629.4:620.179.162

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЛИТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Киреев А.Н., Додонов В.И.

IMPROVED ULTRASOUND DIAGNOSTICS CAST ELEMENTS OF RAILWAY ROLLING STOCK

Kireyev A.N., Dodonov V.I.

В статье поставлена задача усовершенствования ультразвукового диагностирования литых элементов подвижного состава железных дорог на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей. Проведенный анализ существующего процесса ультразвукового диагностирования показал низкую достоверность его результатов, вызванную применением при настройке функции временной регулировки чувствительности ультразвукового дефектоскопа стандартных образцов предприятия с искусственными эталонными отражателями. На уменьшение достоверности результатов диагностирования влияют возможные несоответствия искусственных отражателей техническим требованиям, а также разница в затухании ультразвуковой волны при ее прохождении в стандартном образце предприятия и в объекте диагностирования. Посредством математического моделирования процессов отражения ультразвуковой волны от различных отражателей был получен математический аппарат, и на его основе разработан безэталонный метод настройки функции временной регулировки чувствительности ультразвукового дефектоскопа при диагностировании литых элементов подвижного состава железных дорог. Для автоматизации расчетов при настройке функции временной регулировки чувствительности разработан программный продукт NDTRT-18.

Ключевые слова: железная дорога, подвижной состав, диагностирование, ультразвуковой контроль, импульсный эхо-метод, дефект.

Введение. Особое внимание при организации движения на железных дорогах уделяется безопасности движения. Немаловажную роль в обеспечении безопасности движения на железных дорогах занимает качество и надежность подвижного состава.

Качество и надежность подвижного состава железных дорог (ПСЖД) в целом зависят от качества и надежности его составных элементов и систем.

Для обеспечения качества и надежности, для исключения появления производственных и

эксплуатационных отказов элементы и системы ПСЖД подвергаются комплексу мероприятий технического диагностирования как при производстве, так и в эксплуатации.

При изготовлении множества элементов экипажной части ПСЖД широкое распространение получили литейные технологии. При помощи литья можно получить конфигурацию изделия сложной формы, однако литая структура металла вследствие множества технологических причин зачастую бывает дефектной.

В процессе производства и в эксплуатации ответственные литые элементы экипажной части ПСЖД подвергаются диагностированию ультразвуковым импульсным эхо-методом на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей.

Цель исследования – усовершенствование ультразвукового диагностирования литых элементов ПСЖД на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей.

Материалы и результаты исследования. Несплошности, которые могут возникать в материале элементов ПСЖД при литье, могут быть как объемными, так и плоскостными. Однако большинство несплошностей имеют все же объемный характер [1] – [5].

Нормирование предельного уровня чувствительности ультразвуковой аппаратуры при диагностировании ультразвуковым методом неразрушающего контроля осуществляется на стандартных образцах предприятия с выполненными в них искусственными эталонными отражателями, расположенными на разной глубине в диапазоне контроля.

Наибольшее распространение в качестве искусственного эталонного отражателя при диагностировании элементов ПСЖД получило отверстие с плоским дном, ориентированным перпендикулярно оси цилиндра (плоскодонный цилиндрический отражатель). Однако такой тип

отражателя моделирует плоскостной тип несплошности. При моделировании объемных несплошностей целесообразно применение в качестве эталонного отражателя отверстия с полусферическим дном (полусферический отражатель) [6]. На рис. 1 представлен эскиз примера стандартного образца предприятия с полусферическими искусственными отражателями. При настройке на стандартном образце предприятия настраивается шкала расстояний и чувствительность ультразвукового дефектоскопа. Современные ультразвуковые дефектоскопы имеют функцию временной регулировки чувствительности (ВРЧ), позволяющую выровнять амплитуду эхо-сигнала от равновеликих отражателей, расположенных на разной глубине в диапазоне контроля, которая настраивается также на стандартном образце предприятия.

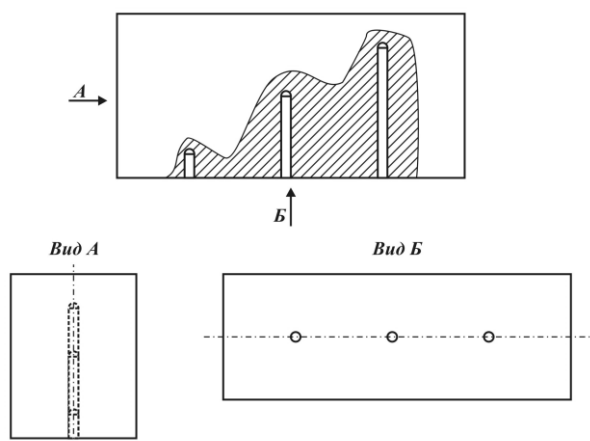


Рис. 1. Стандартный образец предприятия с полусферическими отражателями

Изготовление полусферических отражателей в стандартном образце предприятия – технологически трудновыполнимый процесс. Вследствие влияния множества причин (несовершенство технологического оборудования, инструмента, ошибки изготовителя) могут возникать различные несоответствия искусственных отражателей техническим требованиям, такие как: повышенная шероховатость отражающей поверхности, неидеальность полусферы и др., которые могут изменять амплитуду ультразвукового эхо-сигнала, отраженного от полусферического отражателя, что может привести к недостоверной оценке несплошностей в объекте диагностирования. Разница затухания ультразвуковой волны в объекте диагностирования и в стандартном образце

предприятия также может привести к недостоверной оценке несплошностей.

Для исключения перечисленных выше недостатков применения стандартных образцов предприятия целесообразен переход к безэталонному методу настройки шкалы расстояний и функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа.

Амплитудная характеристика ультразвукового эхо-сигнала N_δ от бесконечной плоскости (моделирование отражения от донной поверхности) описывается аналитической зависимостью [7]:

$$N_\delta = 20 \lg \left(\frac{S_a}{2\lambda x_\delta} e^{-2\delta x_\delta} \right), \quad (1)$$

где S_a – площадь преобразователя, мм²; λ – длина ультразвуковой волны, мм; x_δ – расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до донной поверхности, мм; δ – коэффициент затухания ультразвуковой волны в объекте диагностирования, Нп/мм.

Из выражения (1) находим аналитическую зависимость для расчета коэффициента затухания ультразвуковой волны в объекте диагностирования по измеренной амплитудной характеристике донного эхо-сигнала:

$$\delta = - \frac{\ln \left(2\lambda x_\delta 10^{N_\delta/20} / S_a \right)}{2x_\delta}. \quad (2)$$

Амплитудная характеристика ультразвукового эхо-сигнала N_{nc} от полусферического отражателя описывается аналитической зависимостью [7]:

$$N_{nc} = 20 \lg \left(\frac{S_a d}{4\lambda x^2 \left(1 + \frac{d}{2x} \right)} e^{-2\delta x} \right), \quad (3)$$

где x – расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до полусферического отражателя, мм; d – диаметр отражающей полусферы, мм.

Воспользовавшись выражениями (1) – (3) впервые были получены новые аналитические зависимости (табл. 1), учитывающие размер эталонных полусферических отражателей, расстояние до отражателей, ослабление ультразвуковой волны при ее прохождении в объекте контроля, применяемые для настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа для контроля литых элементов ПСЖД.

Таблица 1

Аналитические зависимости для настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа для контроля литых элементов ПСЖД при применении в качестве эталона полусферического отражателя

Коэффициент усиления ультразвукового дефектоскопа, дБ	
$201g \left(\frac{S_a d}{4\lambda(x_\delta - 20)^2 \left(1 + \frac{d}{2x_\delta - 40}\right)} \left(\frac{2\lambda x_\delta 10^{\frac{N_\delta}{20}}}{S_a} \right)^{1 - \frac{20}{x_\delta}} \right)$	
Диапазон ультразвукового дефектоскопа, мм	
$x_\delta + 10$	
Координата маркера ВРЧ, мм	Уровень ВРЧ, дБ
$x_\delta - 20$	0
$0,75x_\delta - 10$	$201g \left(\frac{(x_\delta - 20)^2 \left(1 + \frac{d}{2x_\delta - 40}\right)}{(0,75x_\delta - 10)^2 \left(1 + \frac{d}{1,5x_\delta - 20}\right)} \left(\frac{2\lambda x_\delta 10^{\frac{N_\delta}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{10}{x_\delta} - 0,25} \right)$
$x_\delta / 2$	$201g \left(\frac{(x_\delta - 20)^2 \left(1 + \frac{d}{2x_\delta - 40}\right)}{(x_\delta / 2)^2 \left(1 + \frac{d}{x_\delta}\right)} \left(\frac{2\lambda x_\delta 10^{\frac{N_\delta}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{20}{x_\delta} - 0,5} \right)$
$0,25x_\delta + 10$	$201g \left(\frac{(x_\delta - 20)^2 \left(1 + \frac{d}{2x_\delta - 40}\right)}{(0,25x_\delta + 10)^2 \left(1 + \frac{d}{0,5x_\delta + 20}\right)} \left(\frac{2\lambda x_\delta 10^{\frac{N_\delta}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{30}{x_\delta} - 0,75} \right)$
20	$201g \left(\frac{(x_\delta - 20)^2 \left(1 + \frac{d}{2x_\delta - 40}\right)}{400 + 10d} \left(\frac{2\lambda x_\delta 10^{\frac{N_\delta}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{40}{x_\delta} - 1} \right)$

Для автоматизации расчетов при настройке функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа для диагностирования литых элементов ПСЖД разработан программный продукт NDTRT-18 (Блок 2).

Окна программного продукта NDTRT-18 представлены на рис. 2.

Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при диагностировании литых элементов ПСЖД при помощи разработанного метода и программного продукта NDTRT-18 осуществляется следующим образом:

- в объекте диагностирования при помощи ультразвукового дефектоскопа измеряется расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до донной поверхности и амплитудная характеристика донного эхо-сигнала (на бездефектном участке);
- в окно «Блок 2» программного продукта NDTRT-18 вводятся следующие данные:

диаметр пьезоэлектрического преобразователя, частота ультразвуковой волны, скорость ультразвуковой волны в объекте диагностирования; расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до донной поверхности; амплитудная характеристика донного эхо-сигнала; пороговое значение эталонного полусферического отражателя (задается технической документацией на объект диагностирования либо на ультразвуковой контроль объекта диагностирования);

- в окне «Блок 2» программного продукта NDTRT-18 выводятся следующие данные для настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа: коэффициент усиления ультразвукового дефектоскопа; диапазон ультразвукового дефектоскопа; маркеры ВРЧ и соответствующие им уровни ВРЧ; кривая ВРЧ в графическом виде;

- даные, рассчитанные программным продуктом NDTRT-18, вводятся в ультразвуковой дефектоскоп и настраивается функция ВРЧ, после чего можно осуществлять процесс ультразвукового диагностирования литых элементов ПСЖД.

NDTRT-18

Настройка функции временной регулировки чувствительности ультразвукового дефектоскопа при диагностировании элементов и систем подвижного состава железных дорог ультразвуковым методом



Блок 1	Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при использовании в качестве эталона плоскостонного цилиндрического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по донному эхо-сигналу
Блок 2	Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при использовании в качестве эталона полусферического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по донному эхо-сигналу
Блок 3	Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при использовании в качестве эталона плоскостонного цилиндрического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по эхо-сигналу от центрального цилиндрического отверстия
Блок 4	Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при использовании в качестве эталона полусферического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по эхо-сигналу от центрального цилиндрического отверстия
Блок 5	Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа для контроля осей колесных пар в радиальном направлении, при использовании в качестве эталона плоскостонного цилиндрического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по донному эхо-сигналу
Блок 6	Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа для контроля катаных колесных центров в осевом направлении, при использовании в качестве эталона плоскостонного цилиндрического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по донному эхо-сигналу

NDTRT-18 / Блок 1 / Блок 2 / Блок 3 / Блок 4 / Блок 5 / Блок 6 /

а

Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при использовании в качестве эталона полусферического отражателя и учете ослабления ультразвуковых колебаний по донному эхо-сигналу

Блок 2

Параметры ПЭП

Диаметр ПЭП, мм	12
Площадь ПЭП, мм ²	113.0973355
Частота у.з. волны, Гц	2500000

Параметры ОК

Скорость у.з. волны, мм/с	5850000
Длина волны, мм	2,34
Расстояние до донной пов-ти, мм	200
Амплитуда донного эхо-сигнала, дБ	-35

Параметры отражателя

Диаметр эталонного полусф. отр., мм	10
-------------------------------------	----

Коэффициент усиления у.з. дефектоскопа, дБ

63,8

Диапазон у.з. дефектоскопа, мм

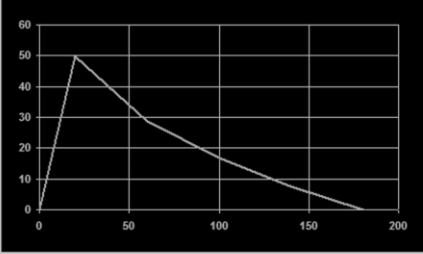
210

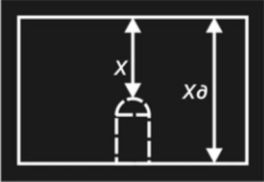
Координата маркера ВРЧ, мм

20	60	100	140	180
----	----	-----	-----	-----

Уровень ВРЧ, дБ

49,8	28,6	16,7	7,6	0
------	------	------	-----	---





NDTRT-18 / Блок 1 / **Блок 2** / Блок 3 / Блок 4 / Блок 5 / Блок 6 /

б

Рис. 2. Программный продукт NDTRT-18:
а) – стартовое окно; б) – окно «Блок 2»

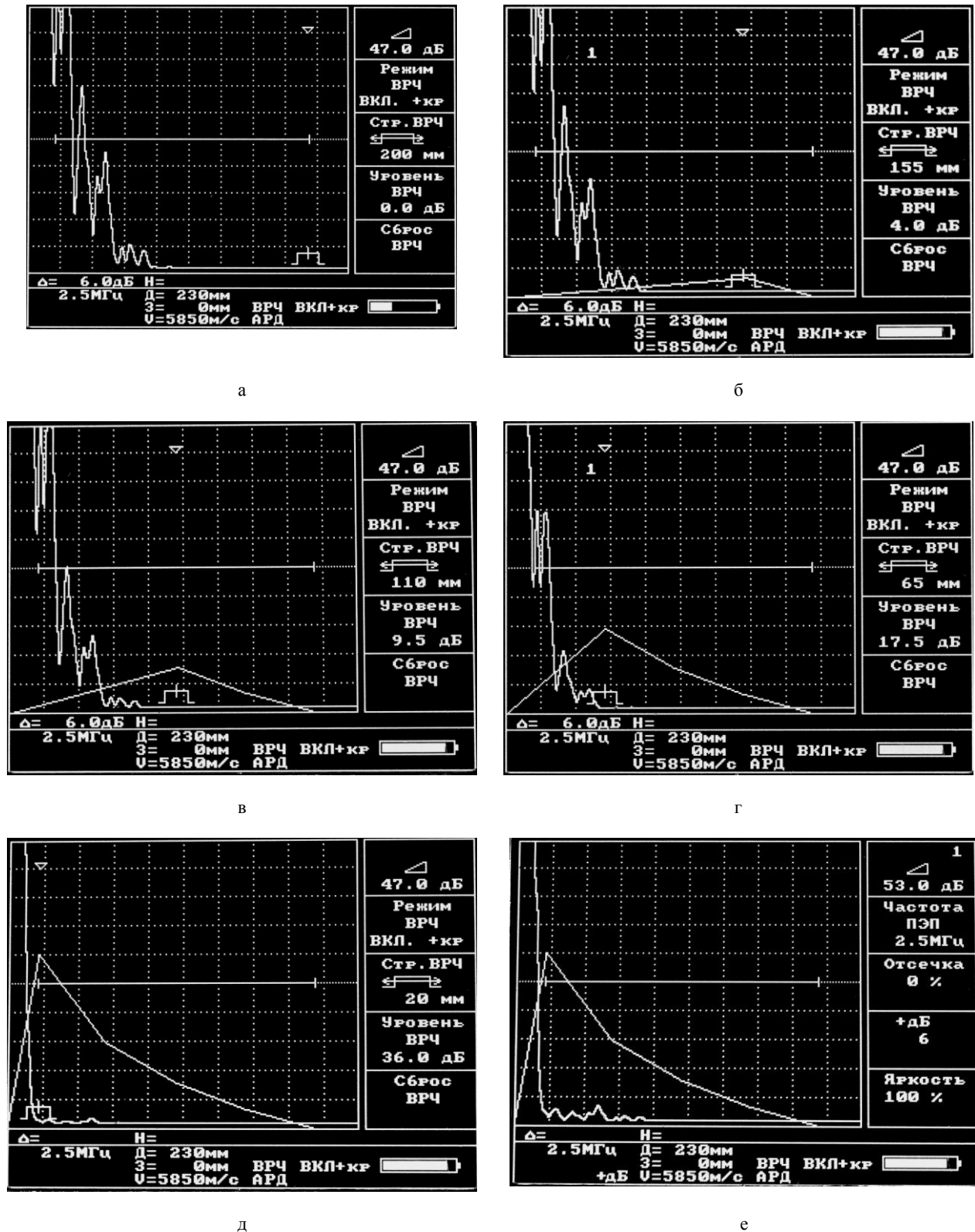


Рис. 3. Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа УД 2-70 для диагностирования ступицы литого колесного центра грузового тепловоза, при координатах маркера ВРЧ:
 а) – 200 мм; б) – 155 мм; в) – 110 мм; г) – 65 мм; д) – 20 мм; е) – режим контроля (чувствительность поиска)

На рис. 3 представлены А-сканы ультразвукового дефектоскопа УД 2-70 при настройке функции ВРЧ для диагностирования

ступицы литого колесного центра для грузового тепловоза ($x_0 = 220$ мм; амплитуда донного эхо-сигнала относительно донного эхо-сигнала в

стандартном образце СО-2 $N_0 = -17$ дБ; диаметр эталонного отражателя $d = 12$ мм).

Выводы. В статье решена актуальная научно-прикладная задача усовершенствования ультразвукового диагностирования литых элементов ПСЖД на отсутствие внутренних недопустимых несплошностей. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Применение стандартных образцов предприятия для настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа снижает достоверность результатов ультразвукового диагностирования литых элементов ПСЖД вследствие влияния множества технических факторов.

2. Был получен математический аппарат, и на его основе разработан безэталонный метод настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа, позволяющий усовершенствовать ультразвуковое диагностирование элементов ПСЖД путем повышения достоверности его результатов.

3. Для автоматизации расчетов при настройке функции ВРЧ при помощи безэталонного метода разработан программный продукт NDTRT-18.

4. Безэталонный метод и программный продукт NDTRT-18 внедрены в публичном акционерном обществе «Лугансктепловоз» в процесс ультразвукового диагностирования литых элементов экипажной части тепловозов 2ТЭ116У, 2ТЭ116УД, 3ТЭ116У.

Л и т е р а т у р а

1. Атлас дефектов стали / пер. с нем. Е.Я. Капуткина. Под. ред. М.Л. Берштейна. – М.: Металлургия, 1979. – 188с.

2. Воронин Ю.Ф. Атлас литейных дефектов. Черные сплавы / Ю.Ф. Воронин, В.А. Камаев. – М.: Машиностроение-1, 2005. – 328 с.

3. Литейные дефекты и способы их устранения / [Лакедонский А.В., Кваша Ф.С., Медведев Я.И. и др.]. – М.: Машиностроение, 1972. – 152 с.

4. Можейко А.В. Раковины в отливках силовых кронштейнов рам тележек локомотивов / А.В. Можейко // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробка тиском матеріалів у машинобудуванні. Збірник наукових праць. – Луганськ, 2012. – С. 168-174.

5. Отливки из чугуна и стали. Термины и определения дефектов: ГОСТ 19200-80. – [Действительный от 1981-01-07]. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 13 с. – (Государственный стандарт СССР).

6. Киреев А.Н. К вопросам об эталонировании чувствительности ультразвукового импульсного эхо-метода при контроле элементов подвижного состава железных дорог. / А.Н. Киреев // Вестник Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля. – Луганск, 2007. – № 8 (114). – Ч. 2. – С. 104-107.

7. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И.Н. Ермолов – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.

R e f e r e n c e s

1. Atlas defektov stali / per. s nem. E.YA. Kaputkina. Pod. red. M.L. Bershteyna. – M.: Metallurgiya, 1979. – 188 s.

2. Voronin Yu.F. Atlas liteynykh defektov. Chernyye splavy / Yu.F. Voronin, V.A. Kamayev. – M.: Mashinostroyeniye-1, 2005. – 328 s.

3. Liteynyye defekty i sposoby ikh ustraneniya / [Lakedonskiy A.V., Kvasha F.S., Medvedev Ya.I. i dr.]. – M.: Mashino-stroyeniye, 1972. – 152 s.

4. Mozheyko A.V. Rakoviny v otlivkakh silovykh kronshteynov ram telezhok lokomotivov/ A.V. Mozheyko // Resursozberiyayuchi tekhnologii virobnytstva ta obrobka tiskom materialiv u mashinobuduvanni. Zbirnik naukovikh prats'. – Lugans'k, 2012. – С. 168-174.

5. Otlivki iz chuguna i stali. Terminy i opredeleniya defektov: GOST 19200-80. – [Deystvitel'nyy ot 1981-01-07]. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1989. – 13 s. – (Gosudarstvennyy standart SSSR).

6. Kireyev A.N. K voprosam ob etalonirovani chuvstvitel'nosti ul'trazvukovogo impul'snogo ekho-metoda pri kontrole elementov podvizhnogo sostava zheleznykh dorog/ A.N. Kireyev // Vestnik Vostochnoukrainskogo natsional'nogo universiteta imeni Vladimira Dalya. – Lugansk, 2007. – № 8 (114). – Ch. 2. – S. 104-107.

7. Ermolov I.N. Teoriya i praktika ul'trazvukovogo kontrolya / I.N. Ermolov – M.: Mashinostroyeniye, 1981. – 240 s.

Kireyev A.N., Dodonov V.I.

IMPROVED ULTRASOUND DIAGNOSTICS CAST ELEMENTS OF RAILWAY ROLLING STOCK

In the article the task of improving the ultrasound diagnosis of cast elements of railway rolling stock in the absence of internal unacceptable discontinuities. The analysis of the existing process of ultrasound diagnosis showed a low reliability of the results caused by the application when you set up a temporary adjustment of the sensitivity of the ultrasonic flaw detector standard samples venture with artificial reference reflectors. On the reduction of the reliability of diagnostic results affect possible inconsistencies artificial reflectors technical requirements, as well as the difference in the attenuation of the ultrasound wave as it passes in a standard sample of the enterprise and the object of diagnosis. By means of mathematical modeling of processes of reflection of ultrasonic waves from the various reflectors was obtained mathematical apparatus and on its basis developed standardless method of setting a function of time adjusting the sensitivity of the ultrasonic flaw detector in the diagnosis of cast elements of railway rolling stock. To automate the calculations when setting the time sensitivity adjustment function developed software NDTRT-18.

Keywords: railway, rolling stock, diagnostics, ultrasonic control, pulse echo method, defect.

Киреев Андрей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля»; начальник Центральной заводской лаборатории ПАО «Лугансктепловоз».

E-mail: lifter_23@mail.ru

Kireyev Andrey Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of railway transport, Volodymyr Dahl Lugansk National University;

Head of the Central Plant Laboratory, Public Joint Stock Company "Luganskteplovoz".
E-mail: lifter_23@mail.ru

Додонов Валерий Иванович – старший преподаватель кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: valerchik65@gmail.com

Dodonov Valeriy Ivanovich – senior lecturer of the Department of railway transport, Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: valerchik65@gmail.com

Рецензент: Витренко В.А., д.т.н., проф., проректор по научно-методической работе ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 621.43

СИСТЕМА ДВУХСТАДИЙНОГО СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ КАСКАДНО-ТЕПЛОВОГО СЖАТИЯ

Ковтун А. С., Данилейченко А.А., Брянцев М.А.

SYSTEM TWO-STAGE MIXING CASCADE THERMAL COMPRESSION

Kovtun A.S., Danileychenko A.A., Bryntsev M.A.

Приведен принцип действия установки для осуществления двухстадийного смесеобразования в комбинированном дизельном двигателе с использованием компрессора каскадного теплового сжатия. Схема позволяет улучшить качество испарения дополнительного топлива за счет впрыскивания форсункой в магистраль высокого давления КТС части топлива с образованием паровой фазы, обеспечить гомогенизацию дополнительного топлива путем газодинамического перемешивания дополнительного топлива с воздухом в камере смешения эжектора, а также снизить температуру наддувочного воздуха в случае применения топлив с высокой скрытой теплотой парообразования. Для расширения области эффективной работы КТС в составе установки двухстадийного смесеобразования целесообразно регулирование относительного расхода воздуха, отводимого к эжектору, в зависимости от максимальной температуры цикла. Представлен закон такого регулирования.

Ключевые слова: двухстадийное смесеобразование, каскадный обменник давления.

Введение. Наряду с существующей тенденцией повышения агрегатной мощности ДВС в первый ряд важнейших проблем двигателестроения выходит задача снижения токсичности отработавших газов.

Токсичность отработавших газов дизелей определяется в основном содержанием оксидов азота, окиси углерода и сажи [1, 2]. Процесс горения окиси азота служит средством достижения высоких температур, при которых кинетика этих реакций определяет наличие заметного количества продуктов синтеза кислорода и азота в продуктах сгорания. В дизелях величина коэффициента избытка воздуха обычно не менее 1,3, что обуславливает наличие большого количества свободных молекул кислорода, способных образовывать оксиды азота. То, что такая модель образования оксидов азота является вполне реальной, подтверждается и тем, что при значительном увеличении подачи топлива, а следовательно, при заметном уменьшении коэффициента избытка воздуха, существенно

снижается и количество оксидов азота в отработавших газах. Количество оксидов азота в отработавших газах при прочих равных условиях зависит от скорости сгорания и тепловыделения, локальных значений коэффициента избытка воздуха и теплотворной способности топлива. С увеличением максимальной температуры сгорания выход оксидов азота возрастает.

Решение задачи снижения токсичности отработавших газов позволит уменьшить вредное воздействие двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду и человека.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из путей улучшения мощностных, экономических и, главным образом, экологических показателей комбинированных двигателей является применение двухстадийного смесеобразования. Влияние двухстадийного смесеобразования на токсичность отработавших газов исследовалось в работах [1, 2]. Проведенные исследования показывают, что при работе дизеля с двухстадийным смесеобразованием в широком диапазоне нагрузочных режимов содержание оксидов азота в отработавших газах снижается на 20...40%. При этом на режимах высоких нагрузок дизеля с двухстадийным смесеобразованием содержание окиси углерода и сажи в отработавших газах несколько уменьшается. Объясняется это [1] более полным сгоранием топлива вследствие равномерного распределения его по камере сгорания. С уменьшением нагрузки концентрация окиси углерода при работе дизеля с двухстадийным смесеобразованием несколько возрастает по сравнению с дизельным циклом. Повышение концентрации окиси углерода со снижением нагрузки при работе дизеля с двухстадийным смесеобразованием начинается практически при тех же нагрузках, на которых начинает ухудшаться топливная экономичность по сравнению с дизельным режимом работы. Этим подтверждается предположение об увеличении неполноты сгорания топлива-обогапителя на малых нагрузках.

Наибольшую сложность представляет создание достаточно эффективной системы питания дизеля при переводе его на двухстадийное смесеобразование. К сожалению, существующие схемы установок, реализующих принципы двухстадийного смесеобразования, далеки от совершенства. Достаточно эффективной является схема, приведенная в работе [3]. Такой двигатель не лишен ряда недостатков, являющихся общими для существующих установок с двухстадийным смесеобразованием, а именно: усложнение конструкции топливной аппаратуры и головки; сложность обеспечения качественного распыливания и регулирования малых подач дополнительного топлива; неудовлетворительная гомогенизация топливоздушной смеси в цилиндрах; значительный износ деталей цилиндропоршневой группы вследствие смывания смазки с зеркала цилиндра при попадании на него части неиспарившегося дополнительного топлива; снижение прочности головки дизеля ввиду размещения в ней двух форсунок; потери энергии на привод дополнительного топливного насоса. Кроме того, недостатком системы питания двигателей вышеописанной схемы смесеобразования являются повышенные выбросы СО и СН на малых нагрузках и снижение топливной экономичности, что обусловлено высокой скрытой теплотой парообразования спиртов и ведет к неудовлетворительной испаряемости. В свою очередь, плохая испаряемость является причиной конденсации паров дополнительного топлива во впускной системе с образованием пленки. Эти явления приводят к неудовлетворительной гомогенизации подаваемой на впуск топливоздушной смеси, а также к неравномерности распределения ее по цилиндрам двигателя. Вследствие чего имеют место переобогащение смеси в отдельных цилиндрах, а также отложения в виде нагара и лаков на поверхности впускных клапанов. Кроме того, попадание неиспарившихся капель спиртового топлива на лопатки компрессора вызывает их кавитационный износ.

Целью статьи является рассмотрение новой схемы двухстадийного смесеобразования, позволяющей улучшить экономичность дизеля и его экологические характеристики.

Материалы и результаты исследования. На кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» Луганского национального университета имени Владимира Даля разработана схема системы питания дизеля с двухстадийным смесеобразованием (рис.1), лишенная основных недостатков, присущих большинству существующих конструкций. Отличительной особенностью схемы является применение компрессора теплового сжатия [4-8] и эжектора в качестве агрегатов подачи дополнительного топлива на впуск двигателя в паровой фазе. Давление и

температура воздуха, создаваемые КТС, в силу особенностей работы [5] превышают давление и температуру, реализуемую центробежным компрессором при несколько меньшем расходе воздуха у КТС.

Система питания работает следующим образом. Отработавшие газы из выпускного коллектора 2 двигателя 1 поступают в турбину 3, мощность которой расходуется на привод центробежного компрессора 4. Из турбины ОГ, имеющие еще достаточно высокий тепловой потенциал, подводятся к теплообменнику 8, где передают свою теплоту воздуху (рабочему телу компрессора теплового сжатия 10), циркулирующему в вытеснительной магистрали 9. Часть воздуха с максимальными термодинамическими параметрами цикла компрессора теплового сжатия 10 ($T=500-550K$, $p=0,2-0,3MPa$) отводится из участка вытеснительной магистрали 9, расположенного за теплообменником 8, к магистрали высокого давления 11.

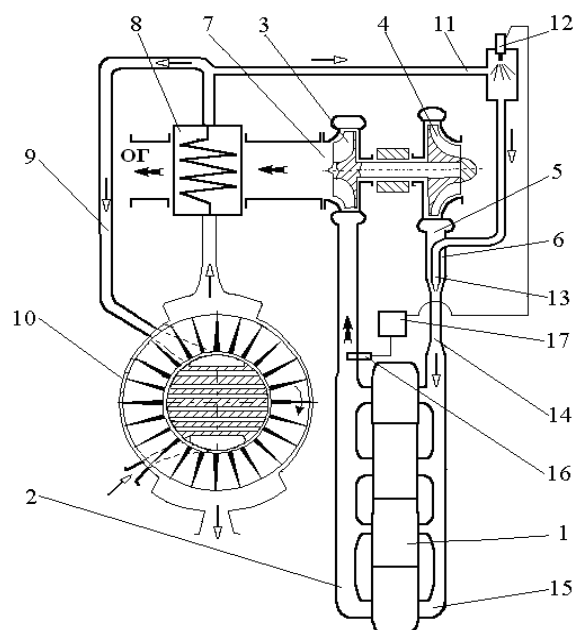


Рис. 1. Схема двигателя с двухстадийным смесеобразованием:

- 1 – двигатель; 2 – выпускной коллектор; 3 – турбина;
- 4 – центробежный компрессор; 5 – выпускной патрубок компрессора; 6 – пассивное сопло эжектора; 7 – выходной патрубок турбины; 8 – теплообменник; 9 – вытеснительная магистраль; 10 – компрессор теплового сжатия; 11 – магистраль высокого давления; 12 – форсунка; 13 – активное сопло эжектора; 14 – камера смешения эжектора; 15 – впускной коллектор двигателя; 16 – датчик температуры; 17 – исполнительный механизм.

Оставшаяся часть воздуха отводится на поддержание работоспособности компрессора теплового сжатия. В магистрали высокого давления происходит испарение и смешение дополнительного

топлива с высокой скрытой теплотой парообразования, подаваемого форсункой 12, с горячим воздухом, поступающим из вытеснительной магистрали 9. Далее топливоздушная смесь подводится к активному соплу эжектора. В свою очередь, к пассивному соплу эжектора из выпускного патрубка компрессора поступает сжатый воздух. Подключение магистрали высокого давления компрессора теплового сжатия к активному соплу эжектора обеспечивает интенсивное газодинамическое перемешивание топливоздушной смеси с воздухом от центробежного компрессора перед подачей их во впускной коллектор двигателя. В зависимости от режима работы двигателя количество подаваемого дополнительного топлива через форсунку 12 регулируется исполнительным механизмом 17, который связан с датчиком температуры обработавших газов.

При использовании в дизелях с двухстадийным смесеобразованием компрессора теплового сжатия следует иметь в виду, что существенное влияние на эффективность установки в целом оказывает КПД КТС, в значительной степени зависящий от температуры цикла T_z и относительного расхода рабочего тела $\bar{G}_{отб}$. Повышение температуры цикла T_z сопровождается непрерывным ростом КПД. Менее однозначное влияние на $\eta_{ккс}$ оказывает относительный расход. С увеличением $\bar{G}_{отб}$, в области малых его значений, имеет место возрастание $\eta_{ккс}$, однако, начиная с некоторого момента, зависящего от максимальной температуры цикла, дальнейшее увеличение относительного расхода сопровождается снижением $\eta_{ккс}$. Более заметно интенсивность такого снижения проявляется на низкотемпературных режимах ($T_z = 600\text{K}$).

Критериальные значения $\bar{G}_{отб}$, соответствующие экстремуму функции $\eta_{ккс}$, зависят от максимальной температуры цикла, смещаясь в сторону больших значений по мере роста T_z . В диапазоне нагрузочных режимов $T_z = 600-1500\text{K}$ рациональные значения $\bar{G}_{отб}$ (по критерию максимального $\eta_{ккс}$) находятся в пределах 20-40%.

Таким образом, для расширения области эффективной работы КТС в составе установки двухстадийного смесеобразования целесообразно регулирование относительного расхода газа в зависимости от максимальной температуры цикла. Закон регулирования $\bar{G}_{отб}$ (по критерию максимального $\eta_{ккс}$) в зависимости от температуры T_z без учета утечек рабочего тела (кривая 1) иллюстрируется рис. 2, а максимальные $\eta_{ккс}$, достигаемые при таком регулировании, - рис. 3.

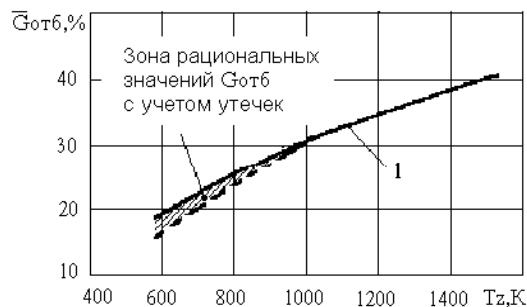


Рис. 2. Зависимость рациональных значений относительного расхода $\bar{G}_{отб}$ от температуры цикла T_z :
1 – расчетные значения без учета утечек

В реальных установках КТС полученный закон регулирования нуждается в корректировке. Наиболее проблематичным является выбор рациональных значений $\bar{G}_{отб}$ на низкотемпературных режимах, поскольку относительная доля утечек через подвижные сопряжения ротора в потоке рабочего тела, отводимого к эжектору, возрастает. Поэтому на этих режимах необходимо уменьшение рациональных значений $\bar{G}_{отб}$ на 10-15% относительно расчетных, в зависимости от особенностей конструкции и размеров агрегатов КТС.

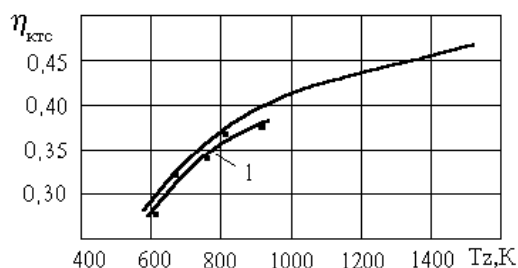


Рис. 3. Влияние максимальной температуры цикла на КПД КТС при оптимизированных по температурам значениях $\bar{G}_{отб}$: 1 – экспериментальная кривая

Следует отметить, что приведенные результаты исследований рассматриваются как предварительные, поскольку отражают лишь одно из возможных сочетаний конструктивных параметров агрегата КТС. Причем показатели, соответствующие максимальным температурам циклов свыше 950K, получены расчетным путем. Однако уже на данном этапе исследований можно судить о достаточной эффективности работы установки в широком диапазоне режимов эксплуатации.

В процессе испытаний рабочей конструкции агрегат КТС показал высокую эксплуатационную надежность. Поскольку ячейки ротора КТС периодически охлаждаются свежим зарядом, работоспособность агрегата в меньшей степени ограничивается теплонапряженностью материалов.

Серьезным вопросом остается установление рационального зазора в сопряжении цилиндрических поверхностей ротора и статора. Снижение зазора ограничивается возможным заклиниванием ротора вследствие термических деформаций элементов, в то время как даже незначительное увеличение зазора сопровождается крайне негативным влиянием утечек рабочего тела на эффективные показатели работы КТС.

Выводы. Применение двухстадийного смесеобразования позволяет существенно снизить выбросы основных токсичных компонентов дизелей на высоких нагрузочных режимах.

Схема двухстадийного смесеобразования с использованием КТС позволяет улучшить экономичность дизеля и его экологические характеристики на режимах малых нагрузок за счет:

- повышения качества испарения дополнительного топлива путем впрыскивания форсункой в магистраль высокого давления КТС части топлива с образованием паровой фазы;
- обеспечения гомогенизации дополнительного топлива путем газодинамического перемешивания дополнительного топлива с воздухом в камере смешения эжектора;
- снижения температуры наддувочного воздуха в случае применения топлив с высокой скрытой теплотой парообразования (например, спиртов).

Л и т е р а т у р а

1. Ленин, И.М. Топливоздушные смеси и их влияние на параметры двигателя / И.М. Ленин // Автомобильная промышленность. 1977. №2. С. 5-9.
2. Хандов, З.А. Работа судового дизеля с двухфазной подачей топлива / З.А. Хандов, В.Ф. Ермаков. Л.: Судпромгиз, 1963. 84 с.
3. Патрахальцев, Н.Н. Пути развития топливных систем для подачи в цилиндр дизеля нетрадиционных топлив / Н.Н. Патрахальцев, Л.В. Альвар Санчес // Двигателестроение. 1988. №3. С.11-13.
4. Крайнюк, А.И. Системы газодинамического наддува / А.И. Крайнюк, Ю.В. Сторчеус. Луганск: Изд-во ВУГУ, 2000. 224 с.
5. Крайнюк, А.И. Применение эффекта теплового сжатия для улучшения энергоиспользования в теплосиловых установках / А.И. Крайнюк, Ю.В. Сторчеус, А.А. Данилейченко // Collection of research papers of the Baltic association of mechanical engineering experts. Kaliningrad, 2001. №1. С. 232-241.
6. Крайнюк, А.И. Расчет процессов тепломассообмена в продувочных объемах теплосиловых установок / А.И. Крайнюк, Ю.В. Сторчеус, А.А. Данилейченко // Eksploatacja silnikow spalinowych, Szczecin: Wydawnictwo katedry eksploatacji pojazdow samochodowych politechniki szczecinskiej. 2001. №3. С.35-40.
7. Крайнюк, А.И. Новые схемы и принципы организации рабочих процессов теплоэнергетических машин / А.И. Крайнюк // Вестник ВНУ им. В. Даля, Луганск: Изд-во ВНУ. 2010. № 3(145). Ч. 2. С.187-204.
8. Krajniyk, A.I. Organization principles of the operating process of the cascaded compression units and some

directions of their / A.I. Krajniyk, O.V. Klius // Journal of POLISH CIMAC diagnosis, reliability and safety, Gdansk: University of technology faculty of ocean engineering and technology, 2009. №2. С.103-109.

R e f e r e n c e s

1. Lenin, I.M. Toplivovozdushnye smesi i ih vliyanie na parametry dvigatelja / I.M. Lenin // Avtomobil'naja promyshlennost'. 1977. №2. P. 5-9.
2. Handov, Z.A. Rabota sudovogo dizelja s dvuhfaznoj podachej topliva / Z.A. Handov, V.F. Ermakov. L.: Sudpromgiz, 1963. 84 p.
3. Patrahal'cev, N.N. Puti razvitiya toplivnyh sistem dlja podachi v cilindr dizelja netradicionnyh topliv / N.N. Patrahal'cev, L.V. Al'vear Sanches // Dvigatellestroenie. 1988. №3. P.11-13.
4. Krajnjuk, A.I. Sistemy gazodinamicheskogo nadduva/ A.I. Krajnjuk, Yu.V. Storcheus. Lugansk: Izd-vo VUGU, 2000. 224 p.
5. Krajnjuk, A.I. Primenenie jeffekta teplovogo szhatija dlja uluchsheniya jenergoispol'zovaniya v teplosilovyh ustanovkah / A.I. Krajnjuk, Ju.V. Storcheus, A.A. Danilejchenko // Collection of research papers of the Baltic association of mechanical engineering experts. Kaliningrad, 2001. №1. P. 232-241.
6. Krajnjuk, A.I. Raschet processov teplomassoobmena v produvochnyh ob'emah teplosilovyh ustanovok / A.I. Krajnjuk, Ju.V. Storcheus, A.A. Danilejchenko// Eksploatacja silnikow spalinowych, Szczecin: Wydawnictwo katedry eksploatacji pojazdow samochodowych politechniki szczecinskiej. 2001. №3. P. 35-40.
7. Krajnjuk, A.I. Novye shemy i principy organizacii rabochih processov teploenergeticheskikh mashin / A.I. Krajnjuk// Vestnik VNU im. V. Dalja, Lugansk: Izd-vo VNU. 2010. № 3(145). chastina 2. P.187-204.
8. Krajniyk, A.I., Klius, O.V. Organization principles of the operating process of the cascaded compression units and some directions of their / A.I. Krajniyk, O.V. Klius // Journal of POLISH CIMAC diagnosis, reliability and safety, Gdansk: University of technology faculty of ocean engineering and technology, 2009. №2. P. 103-109.

Kovtun A.S., Danileychenko A.A., Bryntsev M.A. SYSTEM TWO-STAGE MIXING CASCADE THERMAL COMPRESSION

The operating principle of the plant for performing a two-stage mixture formation in a combined diesel engine using a cascade thermal compression compressor is given. The scheme allows to improve the quality of evaporation of additional fuel by injecting a portion of the fuel into the high-pressure pipeline into the high-pressure line with the formation of a vapor phase, to homogenize the additional fuel by gas-dynamic mixing of the additional fuel with air in the mixing chamber of the ejector, and also to reduce the charge air temperature in the case of using fuels with High latent heat of vaporization. To expand the area of effective operation of the CCC as part of a two-stage mixture formation, it is advisable to regulate the relative air flow to the ejector, depending on the maximum temperature of the cycle. The law of such regulation is presented.

Key words: two-stage mixing, cascade pressure exchanger.

Ковтун Александр Сергеевич – ассистент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР

«Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: 280376@rambler.ru

Aleksander S. Kovtun – assistant of the «Internal combustion engines» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: 280376@rambler.ru

Данилейченко Александр Анатольевич – к.т.н., доц. кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: 280376@ukr.net

Aleksander A. Danileychenko – candidate of technical sciences, assistant professor of the «Internal combustion engines» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: 280376@ukr.net

Брянцев Максим Анатольевич – старший преподаватель кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: 280376@rambler.ru

Maksim A. Bryntsev - senior lecturer of the «Internal combustion engines» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: 280376@rambler.ru

Рецензент: Куликов Ю.А., д. т. н., зав. каф. ДВС, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 26.04.17

УДК 656.25: 004

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Косоногова Л.Г., Нечаев Г.И., Третьак И.В.

APPLICATION INNOVATIVE TECHNOLOGIES ON RAILWAY TRANSPORT

Kosonogova L.G., Nechaev G.I., Tretyak I.W

Данная статья посвящена вопросам внедрения инновационных технологий на железнодорожном транспорте. Внедрение системы RFID-технологий, позволит вывести железнодорожный транспорт на новый уровень перевозок. С внедрением системы RFID-технологий, значительно возрастет уровень рентабельности железнодорожных перевозок, а также сохранность подвижного состава и грузов в пути следования. С применением данной системы будет осуществляться постоянный контроль за вагонами и контейнерами в пути следования по всей сети железных дорог. Система RFID-технологий применима не только в грузовом сообщении, но и для железнодорожных пассажирских перевозок.

Ключевые слова: RFID, метка, ридер, считыватели, грузовые перевозки, железнодорожный транспорт.

Постановка проблемы. Современная технология управления перевозочным процессом ориентирована в первую очередь на повышение качества доставки грузов, их коммерческую эффективность, неразрывно связанную с повышением конкурентоспособности транспортной продукции.

Рост объема и стоимости грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, вызывает повышенные требования к оперативности и полноте информации о виде и количестве перевозимых грузов, состоянии грузов и подвижного состава.

В железнодорожном транспорте в настоящий момент сложилась такая ситуация, что уровень качества услуг, их коммерческая эффективность неразрывно связаны с повышением конкурентоспособности транспортной продукции.

Для повышения эффективности эксплуатации и обслуживания в современных экономических условиях может быть использован опыт совместной работы компании ОАО «РЖД» с ЗАО «Отраслевой центр внедрения новой техники и технологий» по внедрению и применению новой технологической платформы с использованием технологии RFID.

RFID – это новый инструмент, способный решить современные проблемы железнодорожного

транспорта путем вывода на новый уровень систем управления цепями поставок [1].

Цель работы: применение инновационных технологий для развития и повышения безопасности железнодорожного транспорта.

Задача: внедрение системы RFID-технологий, которая позволяет вывести железнодорожный транспорт на новый уровень перевозок.

Изложение основного материала. Задачей RFID-системы является хранение информации об объекте с возможностью ее удобного считывания, точность, достоверность информации при использовании в перевозочном процессе. Метка может содержать данные о типе объекта, его стоимости, температурном режиме, идентификационный номер, индивидуальные характеристики объекта, которые необходимо учитывать в процессе перевозки (могут храниться в цифровой форме)

В системе RFID не требуется прямая видимость радиочастотной метки, чтобы считывать с нее информацию, обеспечивая ее скрытность и сохранность. Регистрация меток производится автоматически при попадании метки в зону действия антенны считывания (рис. 1).

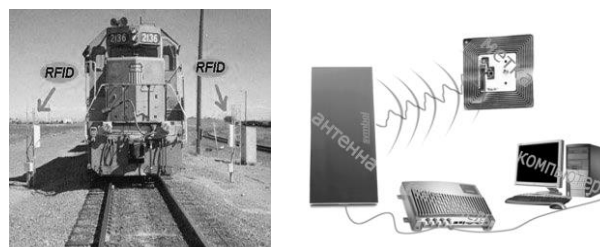


Рис.1. Структура системы считывания метки

Высокая скорость чтения меток, которая может достигать 1000 шт./сек., дает возможность:

– практически одновременного чтения большого количества меток с применением функции анти-коллизии;

– изменения информации в метке, если она относится к классу «чтение-запись» (Read /Write);

– чтения и записи метки на расстоянии.

Преимущества:

- долговечность. Для операций «только чтение» срок жизни метки практически неограничен;

- высокая степень безопасности, которая обеспечивается применением уникального идентификатора метки, присваиваемого на заводе при ее изготовлении, а также шифрованием данных, записываемых в метку [2];

- устойчивость к воздействию окружающей среды, поскольку метку всегда можно поместить в любую защитную полимерную оболочку;

- RFID-метки идеально подходят для работы в загрязненной, жирной, сырой и жесткой среде.

- метки и считыватели RFID не имеют подвижных деталей, поэтому техническое обслуживание системы весьма редко, она может работать достаточно длительный период времени.

Система RFID позволит оперативно получать доступ к информации о вагонах. Также система может полностью контролировать перемещение состава на всем пути следования [3]. Система безопасности с использованием технологий RFID позволяет осуществлять контроль за вагонами, их состояние и нахождение в сложных производственных и климатических условиях уменьшать влияние человеческого фактора, а также позволит достоверную информацию в режиме реального времени.

Система обеспечивает оперативное получение данных о местонахождении каждого вагона и локомотива в любой момент времени, позволяя определять не только местонахождение составов, но и их состояние (например, в каком пункте прицеплен или отцеплен конкретный вагон).

Полученная оперативная информация используется при решении задач управления, анализа, учёта, взаиморасчёта за пользование вагонами, информирования клиентуры железных дорог.

Использование системы позволяет обеспечивать:

- повышение интенсивности грузоперевозок за счет сокращения простоев, порожних пробегов;

- повышение безопасности движения и сохранности грузов;

- увеличение срока межремонтной эксплуатации узлов и деталей за счет именного контроля длительности их эксплуатации, исключающего необоснованную замену (или подмену) в процессе ремонта вагонов и локомотивов;

- повышение пропускной способности на таможенных и контрольно-пропускных пунктах на автострадах, железных дорогах;

- сокращение низко-квалифицированных работников железных дорог писчиков номеров вагонов, конторских служащих, ремонтных рабочих;

- уменьшение коэффициента порожнего пробега (на 2,4 %);

- освоение дополнительных перевозок на 1,6 %;

- уменьшение затрат на ремонт вагонов (при ремонте по пробегу) на 2,5%;

- сокращение потребности в локомотивах.

Весь подвижной состав оборудуется кодовыми бортовыми датчиками КБД-2, несущими информацию о каждом подвижном объекте. В пунктах контроля (пограничные переходы, границы дорог, входы и выходы сортировочных, участковых, крупных грузовых станций, границы поездных участков, контрольные пункты локомотивных и вагонных депо) устанавливаются пункты считывания (ПСЧ), при прохождении которых автоматически снимается информация о состоянии данного объекта (рис. 2).



Рис.2. Крепление бортовых датчиков (метки) на вагонах

Полученная информация об идентификаторе, номере ПСЧ, времени прохода подвижным составом контрольной точки, о направлении движения через фиксированные временные интервалы передается на концентратор линейного уровня, осуществляющий ее сбор со всех пунктов считывания данного железнодорожного узла (рис. 1). Количество ПСЧ и их размещение должны обеспечивать слежение за переходом подвижного состава по всем без исключения пунктам входа и выхода выделяемых объектов управления (управление сетью-пограничные переходы, дорогой-границы дорог, отделением-межотделенческие стыковые пункты, выделенной станцией).

Технология имеет большое количество преимуществ. Под этим нововведением подразумевается закрепление меток на подвижной состав и установка стационарных считывателей вдоль путей, а также наличие переносных считывателей (RFID-ридеры) у станционных работников (рис. 3).



Рис. 3. Автономно работающий мобильный считыватель Convergence CS101

Ручной считыватель IDBLUE UHF изображен совместно с коммуникатором и планшетным компьютером

В корпус подвижного состава будет крепиться или вшиваться в корпус вагона крепиться с записанной информацией как о технических и коммерческих характеристиках вагона, так и о характеристиках груза, предъявляемого к перевозке в данном подвижном составе. Также данные метки можно крепить на запорно пломбировочные устройства. Разнообразие RFID-меток, которые применяются на железнодорожном транспорте, представлены на рис. 4. Для упрощения обработки данных вагонов, в случаях несанкционированного доступа к ним вскрытия вагона. RFID-ридеры, считывают всю информацию из меток, и на основании этого производится обработка состава и оперативное управление движением. RFID-транспондер записывает информацию об уже произведенных операциях. Данные метки защищены от подделок, но в случае порчи метка восстановлению не подлежит [4].

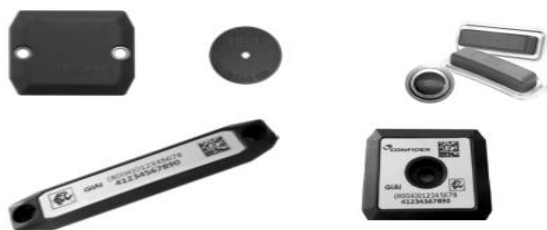


Рис. 4. RFID-метки, применяемые на железнодорожном транспорте

Внедрение технологий RFID на одной станции будет считаться нерентабельным, так как вагоны обращаются по одной станции или дороге постоянно не могут, требуется широкомасштабное внедрение на всей сети железных дорог данных технологий, тогда лишь можно получить наибольшую выгоду от их внедрения как в сфере безопасности движения, так и в экономическом отношении. Проанализирована станция со средним грузооборотом, оборудованная RFID-технологией, которую можно применить в грузовом движении. Для организации работы требуется постройка цеха с соответствующим оборудованием и обучение сотрудников работе с новым программным обеспечением.

В расчёты капитальных затрат включаются затраты на приобретение оборудования, и в том числе стоимость оборудования по оптовым ценам, расходы на транспорт, заготовительно-складские расходы, а также затраты на монтаж машины, расходы на строительные работы и учитывается стоимость высвобожденного оборудования.

Капитальные затраты на внедрение в производство новой техники определяются по формуле [5]:

$$K_3 = C + Z_d + Z_m,$$

где K_3 - капитальные затраты на внедрение новой техники, руб.;

C - стоимость нового оборудования по цене его приобретения, руб.;

Z_d - затраты на доставку оборудования по соответствующим тарифам, руб. (принимаем 10% от стоимости оборудования);

Z_m - затраты на монтажные работы, руб. (принимаем 20% от стоимости оборудования).

$C = 100000,00$ руб.

$K_3 = 100000,00 + 10000,00 + 20000,00 = 130000,00$ руб.

Освоение нового оборудования (принимаем 10% от стоимости оборудования): $100000,00 * 10 / 100 = 10000,00$ руб

Таблица 1

Капитальные затраты

№ п/п	Наименование затрат	Кол-во	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
1	Здание для персонала	1	2220000,00	2220000,00
2	Оборудование	1	130000,00	130000,00
3	Обучение персонала	1	10000,00	10000,00
4	Разработка программного обеспечения	1	10000,00	10000,00
Всего				2370000,00

Таблица 2

Расчет штата сотрудников

№п/п	Наименование затрат	Кол-во	Стоимость, руб.	Сумма, руб.
1	Руководитель	1	35000,00	35000,00
2	Персонал	6	15000,00	90000,00

В итоге количество расходов равно 2495000,00 рублей в первый год реализации проекта, в дальнейшем расходы сократятся и будут состоять из: заработной платы работников и снабжения основами для меток. В среднем на станции со средним грузооборотом требуется 2 бригады по три осмотрщика, также в штате приемосдатчиков - 2 человека в смену. С установкой RFID-технологий штат работников можно сократить до 2 бригад по 2 осмотрщика, достаточное количество приемосдатчиков - 1 работник в смену. Вследствие этого идет сокращение расходов на заработную плату работников. Срок окупаемости применения данных технологий составит примерно 2 года.

Данные метки также можно применить на пассажирские вагоны для организации движения пассажирского транспорта, установив RFID-метки на пассажирские вагоны для их идентификации, считыватели информации на входных светофорах Ч, Н и на маневровом светофоре М. За счет полученной информации на персональный

компьютер оператора СТЦ сокращается время на отцепку вагонов.

Данные метки позволят изменить технологию обработки информации и ускорить обработку почтово-багажных поездов. Помимо этого, исключается время, затрачиваемое оператором СТЦ на следование к месту натурального списывания номеров вагонов прибывающих пассажирских, почтово-багажных поездов. Следовательно, внедрение RFID-технологий на пассажирской станции целесообразно.

Выводы 1. Внедрение RFID-технологии приведет к сокращению времени на производство маневровой работы, более рациональному использованию маневровых средств, сокращению стоянки поездов, исключит время, затрачиваемое оператором СТЦ на проверку правильности формирования составов пассажирских и почтово-багажных поездов своего формирования, сократит время простоя при переходе вагонов через пограничные пункты.

2. Применение RFID-меток на ЗПУ сократит время простоя вагонов, обеспечит сохранность грузов при перевозках и сократит время на обработку подвижного состава в пути следования, также при приеме и отправлении поездов.

3. RFID – это инструмент системы инновационных технологий, который решает многие проблемы не только железнодорожного транспорта в различных сферах деятельности, обеспечивая быстрое и с минимальными затратами времени управление перевозочным процессом, но и необходим для пассажирских перевозок.

Л и т е р а т у р а

1. Арманд В.А., Железнов В.В. Штриховые коды в системах обработки информации М. 1999 г. 344 с.

2. Большая энциклопедия транспорта. В 8 т. [текст]: Т. 4. Железнодорожный транспорт / гл. ред. Н.С. Конарев. – 2е изд. Москва: Большая Российская энциклопедия, 2003 г.

3. www.rusnanonet.ru. Из научного журнала «Проблемы современной технологий», статья «Железнодорожный транспорт». Головаш А.Н., Куршаков Н.Б., Тиссен Н.Б., 2010

4. «RFID – TECHNOLOGY OF THE FUTURE». Proceeding of the Fourth International Symposium on Innovation & Sustainability of Modern Railway, September 2226, 2014, Irkutsk, Russia.

5. Розенберг Е.Н. «Современные технологии для перехода к интеллектуальному железнодорожному транспорту» // Всемирный электротехнический конгрессе (ВЭЛК-2011), г. Москва, 4-5 октября 2011 г. / www.ruscable.ru/article/Sovremennye_tehnologiy.

R e f e r e n c e s

1. Armand V.A., Zheleznov V.V. Shtrikhovye codes systems of treatment of information. M. 1999 g. 344 s.

2. Large encyclopaedia of transport. In 8 t. [text]: T. 4. Railway transport / Gl. of red. N.S. Konarev. – 2 izd: Large Russian encyclopaedia, 2003.

3. www.rusnanonet.ru. Ёџ scientific magazine of «Problem of modern technologies», article the «Railway

transport» of Golovash a.n., Kurshakov N.B, Tissen N.B, 2010.

4. «RFID – TECHNOLOGY OF THE FUTURE». Proceeding of the Fourth International Symposium on Innovation & Sustainability of Modern Railway, September 2226, 2014, Irkutsk, Russia.

5. Rozenberg E.N. «Modern technologies for passing to the intellectual railway transport» // The World electrical engineering congress (VELK-2011), Moscow, October, 4-5. 2011g. /www.ruscable.ru/article/Sovremennye_tehnologiy.

Kosonogova L.G., Nechaev G.I., Tretyak I.V. **APPLICATION INNOVATIVE TECHNOLOGIES ON RAILWAY TRANSPORT**

This article is devoted the questions of introduction of innovative technologies on a railway transport. Introduction of the system of RFID of technologies, will allow to show out a railway transport on the new level of transportations With introduction of the system of RFID of technologies, the level of profitability of railway transportations will grow considerably, also safety of mobile composition and loads will grow on the way followings. With the use of this system wakes permanent control after carriages and containers on the way following on all network of railways. Given systems of RFID of technologies, applicable not only in a freight report but also really can be applied and for railway passenger transportations.

Key words: RFID, mark, rider, schityvateli, freight transportations, railway transport.

Косоногова Лариса Георгиевна – к.т.н., доцент кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск.

E-mail: arbela@mail.ru

Larysa G. Kosonogova – K.Sci.N., assistant professor, Head of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: arbela@mail.ru

Нечаев Григорий Иванович – д.т.н., проф. кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск .

E-mail: logistikatt@mail.ru

Grigoriy I. Nechayev – Dr. Sci. professor, Head of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: logistikatt@mail.ru

Третьак Илона Викторовна. – студент кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск.

E-mail: vyacheslav18@mail.ru

Ilona V. Tretyak – student «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: vyacheslav18@mail.ru

Рецензент: Тарарычкин И.А., д.т.н., проф. кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск.

Статья подана 31.03.2017

УДК 621.926

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГИС “ITSGIS” ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Косоногова Л.Г., Нечаев Г.И., Лисихин М.А.

RESEARCH OF TRANSPORT FLOWS INTENSITY IN INTELLECTUAL GIS “ITSGIS” FOR AUTOMOTIVE ROAD

Kosonogova L.G., Nechaev G.I., Lisikhin M.A.

Статья посвящена рассмотрению и установлению существующей и прогнозированной перспективной интенсивности транспортных потоков на основе методов нейросетевого анализа для автомобильных дорог и подвижного состава. Построена схема данных интенсивности, разработан алгоритм визуализации данных в среде интеллектуальной геоинформационной системы для автомобильных дорог.

Ключевые слова: интенсивность транспортных потоков, нейросетевой анализ, геоинформационная система.

Постановка проблемы. В процессе разработок целевых программ, обоснований инвестиций и инженерных проектов строительства, реконструкции и ремонта автомобильных дорог актуальной задачей является прогнозирование интенсивности движения транспортных потоков. Наблюдаемый рост автомобильного парка и, как следствие, увеличение интенсивности транспортных потоков требуют проведения исследования существующих потоков и их прогнозирования.

Периодический учет интенсивности транспортного потока является важной задачей, позволяющей разрабатывать мероприятия, направленные на повышение безопасности дорожного движения, изучать тенденцию изменения транспортных потоков и эффективно бороться с аварийностью. Эту задачу позволяет решать программный модуль геоинформационной системы ITSC18 "Учет интенсивности транспортного потока".

Необходимыми этапами исследования являются расчет существующей и прогнозирование ожидаемой на некоторый перспективный период среднегодовой суточной интенсивности движения на участках сети автомобильных дорог общего пользования, на улично-дорожной сети (УДС) городов, в пригородной зоне крупных городов при оценке интенсивности движения автотранспорта, выезжающего с рекреационными целями, а также

средней скорости движения автотранспортных средств, объемов грузовых и пассажирских перевозок на сети автомобильных дорог общего пользования.

Цель работы - проведение исследования существующих потоков и их прогнозирование - направленные на повышение безопасности дорожного движения, изучение тенденции изменения транспортных потоков и эффективно борьба с аварийностью.

Задачей является учет и прогнозирование интенсивности движения транспортных потоков.

Изложение основного материала. Главной задачей нейротехнологии является разработка методов создания функциональных нейросетевых схем для решения конкретных прикладных задач. В рамках геоинформационной системы “ITSGIS” – это задача прогнозирования интенсивности транспортных потоков. Методы различаются деталями предположений о работе нейронов и способами их связей между собой.

На качество обработки информации существенное влияние оказывает структура нейронной сети. Для многослойной нейронной сети с последовательными связями структура определяется количеством слоев и нейронов в каждом из слоев. Подбор структуры сети является нетривиальной задачей: сети с простой структурой дают грубый результат. Поэтому в последнее время большой интерес проявляется к механизмам самоорганизации нейронных сетей.

Многослойные нейронные сети основаны на модели МакКаллока Питтса, в то время как дважды многорядные самоорганизующиеся нейронные сети используют метод группового учета аргументов. Несмотря на разнообразие искусственных нейронных сетей по своим конфигурациям, сетевые парадигмы имеют много общего.

Принцип самоорганизации моделей этих типов сетей одинаков и требует предварительного выбора исходной модели, наличия механизма мутации

моделей и критерия их отбора. В многослойных нейронных сетях по модели МакКаллока Питтса используется эволюционное формирование архитектуры с применением генетического алгоритма, для чего необходимо выбрать схему непосредственного или косвенного кодирования нейронной сети [1].

Схема непосредственного кодирования подразумевает вид кодирования, при котором каждая связь нейронной сети непосредственно задается его двоичным представлением. Недостатком данного подхода является квадратичное увеличение длины генотипа при росте узлов нейронной сети, что делает его приемлемым только для небольших размеров сетей.

“ITSGIS” – интеллектуальная геоинформационная система (ГИС) с многослойной электронной картой города, обеспечивающая работу с различными геообъектами городской инфраструктуры. “ITSGIS” предназначена для автоматизации работ, выполняющих функции учета объектов городской инфраструктуры на геоинформационных технологиях. “ITSGIS” применяется в градостроительстве и архитектуре, учете использования природных ресурсов, проектировании и прокладке инженерных коммуникаций, строительстве и эксплуатации объектов на транспорте, геологических исследованиях, в логистике [2].

С целью обоснования инженерного проекта строительства жилого поселка в Калужской области проведены измерения существующей и выполнен расчет прогнозной интенсивности движения транспортных потоков. Расчет осуществлен в среде “ITSGIS” на основе метода группового учета аргументов.

Кроме модуля прогнозирования “ITSGIS” содержит подсистему учета интенсивности транспортных потоков, позволяющую осуществлять хранение, обработку и прогнозирование распределенных данных об интенсивности транспортных потоков на улично-дорожной сети, а также визуализацию имеющейся информации на электронной карте. Интенсивность является основной характеристикой транспортного потока.

В качестве расчетного периода времени для определения интенсивности принимают год, месяц, сутки, час и более короткие промежутки времени (минуты, секунды) в зависимости от поставленной задачи наблюдения и средств измерения. Транспортный поток обусловлен неравномерностью во времени (в течение года, месяца, суток и даже часа).

Поэтому при расчете интенсивности используются соответствующие коэффициенты неравномерности. Данные коэффициенты вычислены для годовой, суточной и часовой неравномерностей движения. Неравномерность может быть выражена как доля интенсивности движения, приходящаяся на данный отрезок

времени, либо как отношение наблюдаемой интенсивности к средней за одинаковые промежутки времени. За единицу выражения интенсивности приняты натуральные единицы (авт/ч) и приведенные (ед/ч).

Натуральными единицами являются различные виды транспорта. За приведенную единицу измерения принят легковой автомобиль, остальные транспортные средства приводятся к легковому автомобилю с помощью коэффициентов приведения.

Программный модуль учета интенсивности транспортного потока предназначен для сбора, обработки, хранения данных, полученных в результате проведения измерений интенсивности транспортных потоков, и визуализации их на электронной карте города. Информация об объектах хранится в базе данных, логическая схема которой представлена на рис. 1 [2].

Объект “Интенсивность” привязывается к дуге графа улично-дорожной сети города. Графа улично-дорожной сети, являясь элементом картографической подосновы геоинформационной системы “ITSGIS”, предназначена для решения задач моделирования транспортных потоков (ТрП) с использованием информации об их интенсивности. Информация об объектах хранится в БД [3].

Модуль учета интенсивности транспортного потока предоставляет пользователю инструмент ввода исходных данных в базу данных. Исходными данными являются: направление движения ТрП, количество транспортных единиц разного типа, период учета и др. При добавлении объекта интенсивности в БД производится расчет всех типов интенсивности с учетом коэффициентов неравномерности, приведения транспортных единиц. Результаты расчетов заносятся в БД. В подсистеме имеется возможность ведения справочников: нормативный документ расчета интенсивности, коэффициенты месяца года, дня недели, времени суток, тип транспортного средства, тип интенсивности.

На основе хранимой информации об интенсивности формируется сводная ведомость, содержащая информацию о дате и времени учета, типе транспортного средства, типе интенсивности и само значение интенсивности. По сводной ведомости может быть получен отчет за любой заданный пользователем учетный период и для любого выбранного направления движения ТрП.

Прогнозирование интенсивности движения представляет собой двухэтапную процедуру, первый этап которой заключается в прогнозе спроса на передвижения транспортных средств, а второй – в прогнозе распределения спроса на передвижения по соответствующей улично-дорожной сети.

Опишем спрос на передвижения в городе набором матриц корреспонденций. Результатом прогноза будут являться матрицы суточных корреспонденций легкового и грузового транспорта.

Матрицы корреспонденций рассчитаем между транспортными районами города, число которых,

исходя из численности населения в нем и уровня автомобилизации, принято равным [3].

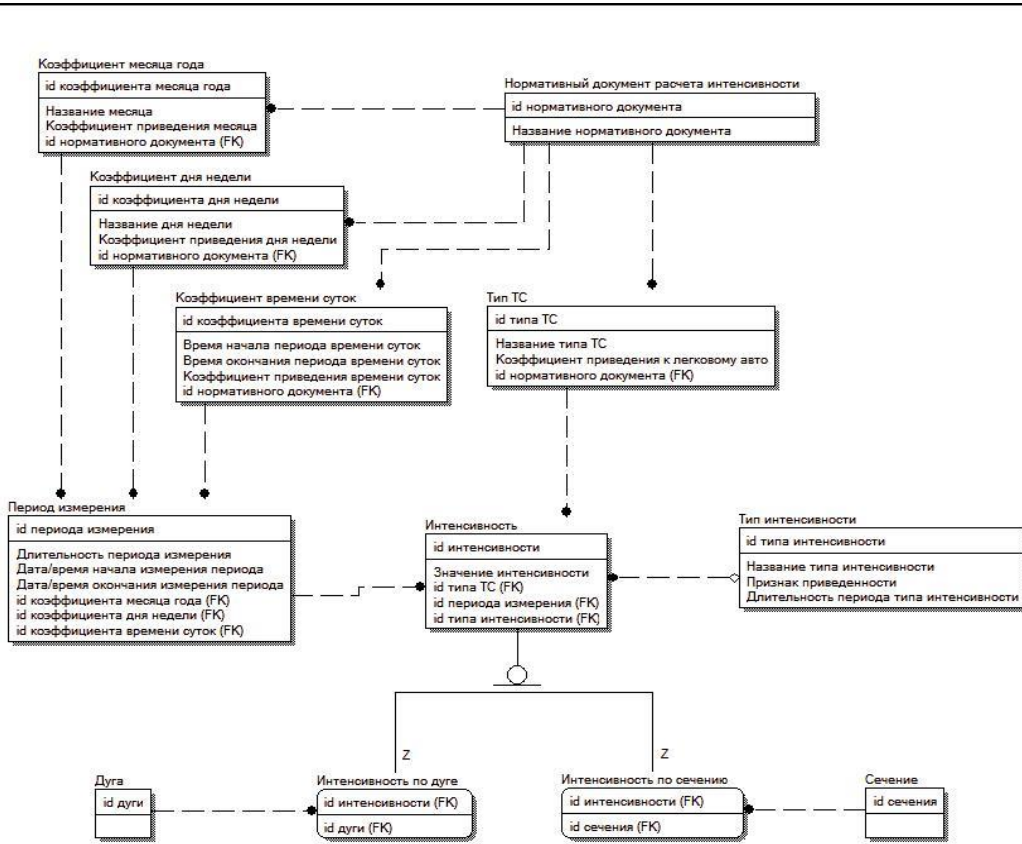


Рис. 1. Логическая модель базы данных

Расчет матриц трудовых и деловых корреспонденций для текущего периода и на перспективу выполняется в результате решения задачи максимизации энтропии [1]:

$$\sum_{i=1, j=1}^N x_{ij} \cdot \ln \left(\frac{P_{ij}}{x_{ij}} \right) \quad (1)$$

при ограничениях $\sum_{i=1, j=1}^N x_{ij} = A_i, \sum_{i=1, j=1}^N x_{ij} = B_j,$

где N – количество транспортных районов; x_{ij} – величина трудовых или деловых корреспонденций из района i в район j , реализующихся с использованием индивидуального легкового транспорта, авт./сут.; A_i, B_j – величины объемов отправок и прибытия трудовых или деловых корреспонденций для района i ; P_{ij} – априорные предпочтения участников движения, пользующихся индивидуальным легковым транспортом.

$$P_{ij} = \exp(-y \cdot t_{ij}) \quad (2)$$

где t_{ij} – время сообщения между районами i и j на легковом транспорте, определяемое в результате

построения кратчайших по времени сообщений путей на графе УДС с учетом затрат времени на выход на нее; y – коэффициент предпочтения, уточняемый в процессе калибровки.

Распределение часовых матриц корреспонденций по УДС города осуществлено путем построения равновесных потоков. Состояние равновесия на УДС характеризуется тем, что каждое транспортное средство движется по пути, обеспечивающему минимальные затраты времени на передвижение, обусловленные интенсивностью движения. При таком подходе каждая корреспонденция реализуется по пучку альтернативных путей, но количество путей в каждом пучке может меняться от одного (случай низкой загрузки или отсутствия альтернативных маршрутов) до нескольких десятков (случай высокой загрузки).

Для использования принципа равновесия определена зависимость скорости движения по участкам УДС от интенсивности транспортного потока. Для перегона улично-дорожной сети эта зависимость определяется соотношением, следующим из основной транспортной диаграммы, связывающей пропускную способность участка со скоростью движения транспортного потока [2].

$$V(I) = \exp \left\{ \frac{V_i, V_d}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{S \cdot \sqrt{(S^2 - S \cdot I)}} \right) \right\}, \quad (3)$$

где $v(I)$ – скорость движения по перегону, км/ч;
 V_i – ограничивающая скорость, определяемая дорожными знаками (60 км/ч для городских условий);
 V_d – расчетная скорость, км/ч;
 I – интенсивность движения, приведенных ед./ч;
 S – интенсивность разгрузки очереди на регулируемом направлении, приведенных ед./ч, определяемая по формуле: $S=1500x*n$, где n – число полос движения.

На заключительном этапе расчета определена среднегодовая суточная интенсивность движения по участкам УДС города. Для перехода к среднегодовым суточным интенсивностям движения использованы часовые распределения транспортных потоков, построенные для различных часов суток и дней недели.

Слой хранения и манипулирования данными реализует система управления базами данных. Сервер приложений реализует бизнес-методы доступа к данным, предоставляет сервисы для клиентских приложений. Клиентское приложение обрабатывает запросы пользователя, выполняет запросы на сервер приложений, обрабатывает полученную информацию и выводит ее в удобном для пользователя виде (рис. 2) [1].



Рис. 2. Привязка объекта “Интенсивность” к дуге графа УДС города

Получаемые в системе данные используются при планировании и организации работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог, для разработки мероприятий по инженерному обустройству дорог и безопасности движения [4].

Выводы. 1. Применение нейротехнологий на транспорте и в архитектуре позволяет не только упростить создание, но и формализовать его предназначение для работы на карте с автозаправочными станциями, кабельными сетями, недостатками улично-дорожной сети, дорожно-транспортными происшествиями, рекламными

конструкциями, железнодорожными переездами и др.

2. «ITSGIS» позволяет работать с объектами городской транспортной инфраструктуры в многопользовательском режиме. В процессе функционирования системы обеспечивается целостность данных и устранение возникающих конфликтов.

Таким образом, данные системы позволяют осуществлять следующие: прогнозирование будущей интенсивности и аварийности, управление транспортными потоками на перекрестке, построение структуры светофорного цикла, построение транспортных маршрутов, построение маршрутов для перевозки опасных грузов, разработка схем регулирования движения транспортных потоков, анализ состояния транспортной сети и инфраструктуры, оптимизация движения общественного и коммерческого транспорта.

Литература

1. Михеева Т.И., Михеев С.В., Сидоров А.В. Интеллектуальная дислокация дорожных знаков на электронной карте // Мир дорог. 2013. Т. 2013. № 72. С. 44.
2. Мандругин В.В., Архипенко О.П. WEBGIS как результат интеграции геоинформационных систем и интернет технологий // ГЕО-СИБИРЬ-2011. Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1. Ч. 2. С. 50-52.
3. Имамутдинов А.Н. WEB-приложение поиска и визуализации пространственной информации «i-GIS» // IT & Транспорт: сб. науч. статей [под ред. Т.И. Михеевой]. Самара: Интелтранс, 2014. 138 с.
4. Михеева Т.И., Головин О.К., Федосеев А.А. Паттерновое проектирование интеллектуальных транспортных систем // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6; URL: www.science-education.ru/106-7967 (дата обращения 11.06.2015).

References

1. Mikheeva T. I., Mikheev S. V., Sidorov A. V. Intelligent deployment of road signs on an electronic map // World of roads. 2013. T. 2013. No. 72. P. 44.
2. Mandrugina V. V., Arkhipenko, O. P. WEBGIS as a result of the integration of geographic information systems and the Internet technology / GEO-SIBERIA-2011. Novosibirsk: SSGA, 2011. Vol. 1. CH. 2. P. 50-52.
3. Imamutdinov A. N. WEB application for search and visualization of spatial information "i-GIS" // IT & Transport: collection of scientific works. articles under the editorship of T. I. Mikheeva]. Samara: Inteltrans, 2014. 138 p.
4. Mikheeva T. I., Golovnin O. K., Fedoseev A. A. Pattern design of intelligent transport systems // Modern problems of science and education. 2012. №6; URL: www.science-education.ru/106-7967 (11.06.2015).

Kosonogova L.G., Nechaev G.I., Lisikhin M.A. RESEARCH OF TRANSPORT FLOWS INTENSITY IN INTELLECTUAL GIS «ITSGIS» FORD ROADS

Questions of establishment existing and prediction of perspective intensity of transport flows on the basis of methods of the neuronetwork analysis are considered. The intensity database scheme is designed, the drawing algorithm

of data in the environment of an intellectual geoinformation system is developed.

Key words: *transport flows intensity, neuronetwork analysis, geoinformation system.*

Косоногова Лариса Георгиевна – к.т.н., доцент кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск.

E-mail: arbela@mail.ru

Larysa G. Kosonogova – K.Sci.N., assistant professor, Head of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: arbela@mail.ru

Нечаев Григорий Иванович – д.т.н., проф. кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск.

E-mail: logistikatt@mail.ru

Grigoriy I. Nechayev – Dr. Sci. professor, Head of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University. **E-mail:** logistikatt@mail.ru

Лисихин Максим Андреевич – студент кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск.

E-mail: vyacheslav18@mail.ru

Maksim A. Lisikhin – student, «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: vyacheslav18@mail.ru

Рецензент: Тарарычкин И.А., д.т.н., проф., кафедры «Транспортные системы», институт «Транспорт и логистика», ЛНУ им. В. Даля, г. Луганск ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 678.027.94:677

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ ДЛЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРУКТУР

Коструб В.А., Панфилов А.М., Вербская Л.М.

INVESTIGATION OF THE MANUFACTURING PRODUCTION PROCESS OF CARBON-PLASTIC RODS FOR CARBON-CARBONIC COMPOSITE STRUCTURES

Kostrub V.A., Panfilov A.M., Verbskaya L.M.

Проведен анализ процесса пултрузионного формования углепластиковых стержней, получены зависимости для определения структурно-технологических параметров, проведено экспериментальное исследование полученных образцов.

Ключевые слова: композит, стержень, связующее, пултрузия, фильера, пропитка, полимеризация.

Введение. В последние годы широкое применение находят стержни, трубы, профили и другие конструктивные элементы, изготовленные из волокнистых полимерных композитов (ВПКМ) путем непрерывного протягивания армирующего материала, пропитанного связующим сквозь профилирующую фильеру или несколько (каскад) фильер специальной установки. Такой высокоэффективный процесс формования называется пултрузией.

При изготовлении изделий из КМ их основные свойства закладываются в процессе технологической переработки и во многом определяются режимами и методами проведения ее отдельных этапов.

Анализ последних исследований и публикаций. Особенности проведения операций технологического процесса обусловлены двумя причинами: использованием в качестве армирующего материала легкоповреждаемых углеродных жгутов, совмещаемых со связующим из высокомолекулярного линейного полимера, с достижением высокой степени армирования, а также непрерывностью метода изготовления углеродных стержней (УС) при пултрузии [1].

При использовании в качестве связующего полимеров без растворителей и с малым выделением летучих при отверждении, операции формования и отверждения стержневого изделия осуществляются одновременно в прогреваемой фильере, где связующее полимеризуется. При

наличии в связующем растворителя формование изделия производится поэтапно, с целью удаления растворителя из структуры материала в процессе прохождения ряда последовательно расположенных коротких фильер (рис. 1).

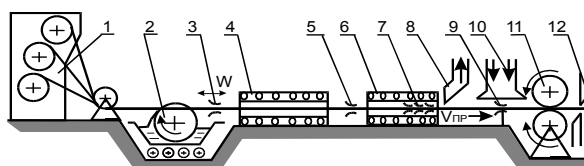


Рис. 1. Принципиальная схема установки

- 1 – шпулярник; 2 – устройство для пропитки;
- 3 – отжимная фильера (Ф1), 4 – термокамера сушки;
- 5 – приформовывающая фильера (Ф2); 6 – термокамера;
- 7 – формующие фильеры (Ф3); 8 – вытяжка;
- 9 – калибрующая фильера (Ф4); 10 – охлаждение;
- 11 – узел протяжки; 12 – резак

Установка для изготовления УС методом пултрузии работает следующим образом. Бобины со жгутами УВ устанавливаются на шпулярнике 1, с помощью направляющего ролика сводятся на один уровень и протягиваются через технологические узлы установки. При движении над ванночкой с ПВС-связующим с помощью «купающегося» ролика 2 на жгуты УВ наносится связующее, излишек которого удаляется отжимной фильерой 3 и возвращается в ванночку. Для улучшения условий пропитки-отжима фильере 3 придается возвратно-поступательное движение вдоль собранных в пучок жгутов. Полученный полуфабрикат поступает в камеру сушки 4, где подсушивается до критической точки. На выходе из камеры сушки полуфабрикат приформовывается фильерой 5 и поступает в термокамеру 6, где удаляется остаток воды и ПВС разогревается до температуры плавления и формируется фильерами 7. Для поддержания постоянного значения влажности в камерах сушки и

термообработки предусмотрена вытяжка 8. На этапе охлаждения стержня его поперечное сечение калибруется фильерой 9. Ускорение процесса охлаждения стержня обеспечивает вентилятор 10. Скорость процесса регулируется узлом протяжки 11, после чего стержни разрезаются на заданную длину резакон 12.

Цель исследования. Формование требуемого сечения изделия при пултрузии осуществляется за счет протягивания пропитанного волокнистого материала сквозь сужающийся канал, переходящий от формы и размеров поступающего полуфабриката к форме и размерам изготавливаемого профиля. В этих условиях давление формования создается за счет уменьшения сечения канала по длине фильеры и зависит от скорости протягивания материала сквозь фильеру, вязкости связующего в момент формования, а также избыточного количества связующего, входящего в фильеру, при сохранении заданного наполнения волокном изделия. Иначе говоря, в исходном полуфабрикате необходим избыток связующего до 10...15% от расчетного. Давление формования стержневых изделий пултрузией задается усилием протягивания формируемого полуфабриката сквозь фильеру и прикладывается к полуфабрикату через периферийные волокна, так как связующее на данном этапе не полимеризовано и полуфабрикат не является монолитом. Это приводит при определенных соотношениях технологических параметров процесса и конструктивных фильеры к повреждению периферийных волокон, задирам на изделии или к его полному разрушению.

Поэтому целью настоящей работы является определение соотношений между основными параметрами процесса формования и усилием протяжки для оценки влияния рассматриваемых параметров на силовые характеристики процесса пултрузии.

Материалы и результаты исследования. Рассмотрим силовые параметры процесса формования стержневых изделий из ВПКМ круглого сечения фильерой без прогрева, то есть вязкость связующего при формовании считаем постоянной. Удаление растворителя и полимеризация связующего осуществляется за счет внешнего подвода тепла. Расчетная схема для определения параметров формования представлена на рис. 2.

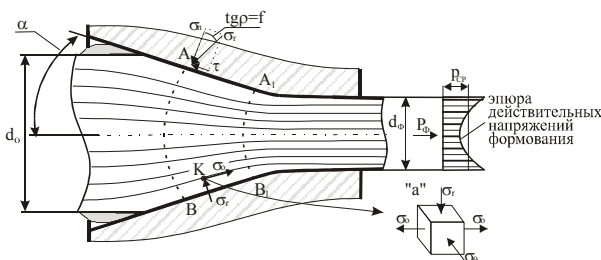


Рис. 2. Схема для определения параметров формования

При анализе использована гипотеза о равномерном расположении волокон по сечению полуфабриката (изделия) и приняты следующие допущения:

- во всех точках, расположенных на одной и той же траектории, радиальные главные напряжения σ_r (кривые АВ; A_1B_1) приняты одинаковыми. Это допущение принято исходя из осесимметричности деформационной зоны и приводит к равенству в этих точках линейных напряжений σ_0 ;

- расчетное сопротивление деформации по всей длине деформационной зоны постоянно и равно среднему значению в пределах этой зоны. Это допущение не соответствует действительности, но на основании «теории о средней» оно применимо для расчета;

- коэффициент трения, а следовательно, и сила трения не зависят от давления. Коэффициент трения на контактной поверхности постоянный по всей длине и имеет усредненное значение.

Рассматривая установившийся процесс формования полуфабриката в изделие, проанализированы процессы, происходящие в формирующей зоне фильеры, где обжимается пропитанный пучок волокон, перемещая связующее относительно волокон и выдавливая его излишек. Напряженное состояние в произвольной точке «К», находящейся в формирующей зоне фильеры, представлено на рис. 2. В работе [2] было доказано, что $\sigma_r = \sigma_0$, тогда условие формования в каждой точке формирующей зоны фильеры, согласно третьей и четвертой теории предельного состояния [3], выражается уравнением:

$$\sigma_0 + \sigma_r = \Delta P, \tag{1}$$

где ΔP – давление, необходимое для фильтрации связующего сквозь пучок волокон.

Аналогом процессов, происходящих в формирующих фильерах при пултрузии ВПКМ, является процесс волочения, с отличительной особенностью: при волочении силовые параметры процесса определяют напряжения текучести металла (σ_T), при пултрузии – давление, необходимое для фильтрации связующего сквозь капиллярно-пористое тело – пучок волокон.

На основании принятых допущений, по методике, изложенной в работе [4], для определения среднего значения напряжений по поперечному сечению стержня получим следующее выражение:

$$P_{cp} = \ln \frac{d_0^2}{d_\phi^2} \Delta P (1 - f \cdot \text{ctg} \alpha), \tag{2}$$

где d_0 – диаметр полуфабриката;

d_ϕ – диаметр фильеры;

ΔP – давление для перемещения связующего;

f – коэффициент трения материала полуфабриката о фильеру;

α – половина угла входного конуса фильеры.

Это выражение с учетом приведенной аналогии идентично формуле И.Л.Перлина – В.М.Заруева [5], по которой определяются средние значения напряжений по поперечному сечению профиля при волочении.

Из теории фильтрации несжимаемой жидкости при постоянной температуре сквозь капиллярнопористое тело средняя скорость движения жидкой фазы определяется уравнением Кармана-Козени:

$$V = \frac{k_f \Delta p}{\eta L}, \quad (3)$$

где $V = V_{\text{пр}}$ – скорость протяжки при установившемся процессе пултрузии;

L – путь связующего за пределы профиля, $L = d_0/2$;

η – вязкость связующего на этапе формования;

k_f – коэффициент проницаемости, может служить грубой мерой среднеквадратичного порового просвета $k_f = \frac{aS^3}{\xi S_V^2}$, м²;

a – постоянная Козени, безразмерная величина, зависящая от геометрической формы поперечного сечения пор. При пропитке пучка волокон $a = 1$ (для щелевых пор);

ξ – извилистость, отношение пути движения связующего к радиусу поступающего на формование полуфабриката стержня, принято $\xi \approx 1$;

S – единичная площадь для потока связующего внутри формуемого полуфабриката.

Сечение потока рассчитано только вдоль волокон $S = \frac{\pi d_0^2}{4} - F_B$, сечением потока поперек волокон пренебрегаем, так как отжатое связующее составляет $\approx 10\%$;

S_V – полная поверхность волокон на единичной длине полуфабриката $S_V = \pi d_B n$.

Из уравнения (3):

$$\Delta p = \frac{V_{\text{пр}} d_0 \eta}{2k_f}. \quad (4)$$

Коэффициент трения о боковую поверхность фильеры определяется [5]:

$$f = \frac{\tau}{\Delta p}. \quad (5)$$

Касательные напряжения:

$$\tau = \eta \frac{dV}{dy}, \quad (6)$$

при установившемся процессе формования $V = \text{const} = V_{\text{пр}} / \cos \alpha$; величина $dy = e$ – расстояние между периферийными волокнами и поверхностью конуса, которое изменяется по длине образующей. Среднее значение прослойки связующего (e) рассчитано исходя из равномерности распределения волокон по сечению формуемого полуфабриката:

$$e = \left(\frac{d_0 + d_{\Phi}}{4\sqrt{n}} - \frac{d_e}{2} \right) \cos \alpha, \quad (7)$$

где d_B – диаметр волокон;

n – количество волокон в формуемом стержне.

Тогда, после подстановки e (7), τ (6) и Δp (4), получим выражение для определения коэффициента трения f :

$$f = \frac{4k_f \sqrt{n}}{d_0 (d_0 + d_{\Phi} - 2d_B \sqrt{n}) \cos^2 \alpha}. \quad (8)$$

Подставив значение Δp и f , после сокращений, тригонометрических преобразований и допущений ($\cos \alpha \approx 1$, так как $\alpha = 6 \dots 120$), получим формулу для определения средних напряжений в протягиваемом полуфабрикате:

$$P_{\text{ср}} = \ln \frac{d_0^2}{d_{\Phi}^2} V_{\text{пр}} \eta \left[\frac{d_0}{2k_f} + \frac{8\sqrt{n}}{\sin 2\alpha (d_0 + d_{\Phi} - 2d_e \sqrt{n})} \right]. \quad (9)$$

Максимальные напряжения в периферийных волокнах полуфабриката (рис. 2), превышают среднее в 1,5...2 раза.

Усилие протяжки полуфабриката сквозь формующую фильеру может быть определено из выражения:

$$P_{\Phi 1} = \ln \frac{d_0^2}{d_{\Phi}^2} V_{\text{пр}} \eta \left[\frac{d_0}{2k_f} + \frac{8\sqrt{n}}{\sin 2\alpha (d_0 + d_{\Phi} - 2d_B \sqrt{n})} \right] \frac{\pi d_{\Phi}^2}{4}. \quad (10)$$

Полученными формулами (9), (10) сложно пользоваться в инженерных расчетах для определения силовых параметров формования сплошного стержня круглого сечения из ВПКМ. Они не позволяют определить абсолютные значения напряжений формования в материале при пултрузии и усилия протяжки, так как при выводе их были приняты допущения и входящие в формулы величины (d_B , k_f) носят вероятностный характер. Полученные выражения показывают качественную зависимость силовых характеристик формования изделий из ВПКМ методом пултрузии от технологических параметров процесса формования и от конструктивных параметров формирующей фильеры.

Выводы. Результат был экспериментально апробирован при изготовлении углепластиковых стержней $\varnothing 1,16$ мм на связующем типа 17% водного раствора поливинилового спирта.

Теоретически (10) и экспериментально были определены значения усилий формования стержня в один этап с $d_0=1,45$ мм до $d_\phi=1,16$ мм, а также в два этапа с $d_0=1,45$ до $d_\phi=1,25$ мм – 1-й этап, с $d_0=1,25$ до $d_\phi=1,16$ мм – 2-й этап. Расчетное соотношение усилий при одноэтапном и двухэтапном формовании 1/0,8, то есть снижается в 1,25 раза при двухэтапном формовании. Это соотношение может быть и другим, если диаметр первой фильеры будет отличным от 1,25 мм. Экспериментально получено снижение сопротивления фильеры с 12 Н до 9 Н, то есть снижение усилия происходит в 1,33 раза.

Таким образом, на основании проведенных исследований получены аналитические выражения для определения силовых параметров процесса формования круглых стержней необогреваемой фильерой с конической деформационной зоной. Установлена зависимость силовых характеристик формования изделия пултрузией от технологических параметров процесса и геометрических параметров формирующей фильеры.

Л и т е р а т у р а

1. Щербakov В.Т., Муратов В.М., Жовнер Б.А. Технология изготовления длинномерных профилей из композиционных материалов пултрузией // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов / Темат. сб. научн. трудов. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т. – 1985. – С. 7-16
2. Фрегер Г.Е., Коструб В.А. Некоторые особенности изготовления профильных изделий из композиционных материалов. – Луганск: Вестник ВУГУ, № 1 (3). – 1996. – с. 48-49.
3. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. Изд. 2-е. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
4. Красильников Л.А., Лысенко А.Г. Волокнистый проволоки. Изд. 3-е. – М.: Металлургия, 1978. – 320 с.
5. Лойцянский Л. Механика жидкости и газа. Учебное пособие. Изд. 3-е. – М.: Наука, 1970. – 904 с.

R e f e r e n c e s

1. Shcherbakov V.T., Muratov V.M., Zhovner B.A. Technology of manufacturing the long-measure profiles of composite materials by pultrusion // Questions of designing and production of aircraft structures / Thematic collection of scientific works. – Kharkov: Kharkov. Aviats. In-t. – 1985. – P. 7-16
2. Freger G.E., Kostrub V.A. Some features of manufacturing the profile products from composite materials. – Lugansk: Bulletin of the VUGU, No. 1 (3). – 1996. – p. 48-49.

3. Perlin I.L., Yermanok M.Z. The theory of drawing. Ed. 2-nd. – Moscow: Metallurgy, 1971. – 448 p.

4. Krasilnikov L.A., Lysenko A.G. Wire-drawer. Ed. 3-rd. – Moscow: Metallurgy, 1978. – 320 p.

5. Loitsyansky L. Mechanics of liquid and gas / Text-book. Ed. 3-rd. – Moscow: Nauka, 1970. – 904 p.

Kostrub V.A., Panfilov A.M., Verbskaya L.M. **INVESTIGATION OF THE MANUFACTURING PRODUCTION PROCESS OF CARBON-PLASTIC RODS FOR CARBON-CARBONIC COMPOSITE STRUCTURES**

The analysis of the pultrusion forming process of carbon-plastic rods have been carried out, the dependences for determination of structural and technological parameters have been obtained, the experimental investigation of produced samples has been conducted.

Keywords: composite material, rod, binder, pultrusion, spinneret, impregnation, polymerization.

Коструб Владимир Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры «Машиноведение», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: vkostrub@mail.ru

Kostrub Vladimir Alekseyevich – candidate of technical Sciences, associate professor of the department "Machinery Science" of Volodymyr Dahl Lugansk National University.
E-mail: vkostrub@mail.ru

Панфилов Александр Михайлович – к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Промышленный и городской транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: privoz51a@mail.ru

Panfilov Alexander Mikhailovich – candidate of technical Sciences, associate professor, head of the department "Industrial and urban transport" of Volodymyr Dahl Lugansk National University.
E-mail: privoz51a@mail.ru

Вербская Людмила Михайловна – ст. преподаватель кафедры «Машиноведение», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: lusikoverbskaya@mail.ru

Verbskaya Lyudmila Mikhailovna – senior lecturer of the department "Machinery Science" of Volodymyr Dahl Lugansk National University.
E-mail: lusikoverbskaya@mail.ru

Рецензент: Витренко В.А., д.т.н., проф., зав. каф. «Технология машиностроения», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 25. 02. 2017 г.

УДК 629.488

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА БЕЗОТКАЗНОСТИ МОДЕРНИЗОВАННЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Кущенко А.В., Сёмин Ю.Г.

IMPROVEMENT OF CALCULATION OF NON-FAILURE OPERATION OF THE MODERNIZED LOCOMOTIVES

Kushchenko A.V., Siomin Y.G.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с повышением достоверности расчета безотказности модернизированного железнодорожного подвижного состава. Предложено совершенствование метода определения безотказности таких тяговых единиц, что повышает адекватность моделирования систем содержания локомотивов и тем самым способствует выработке правильных решений относительно оптимальной системы содержания.

Ключевые слова: *тяговый подвижной состав, модернизация, безотказность, эксплуатационная надежность, моделирование, ресурс, стохастический подход.*

Введение. В условиях дефицита денежных средств на финансирование железнодорожной отрасли, уменьшения грузового оборота, старения локомотивного парка и, как следствие, снижения уровня его эксплуатационной надежности необходимо решать задачу обеспечения эффективной работы тягового подвижного состава (ТПС). Модернизация является наиболее эффективным методом продления срока службы локомотивов в условиях дефицита финансов и высокой стоимости обновления локомотивного парка и перевода его на электрическую тягу [1, 2]. Одним из основных направлений решения проблем локомотивного парка является улучшение технического содержания и использования ТПС, как старого, так и модернизированного, что в значительной мере достигается путем усовершенствования методов расчета параметров системы технического содержания локомотивов, особенно модернизированных, которая обеспечивала бы минимальные экономические издержки. Ввиду недостатка фактического материала по эксплуатационной надежности модернизированного подвижного состава, представляется перспективным стохастическое прогнозирование ее показателей.

Анализ последних исследований и публикаций. При эксплуатации модернизированных маневровых тепловозов

возникает необходимость выбора и корректировки системы технической эксплуатации для снижения затрат на перевозочный процесс с сохранением качества перевозок. Помимо этого, техническая эксплуатация как составляющая часть жизненного цикла существенно влияет на его стоимость и применение рациональной системы, техническая эксплуатация позволяет снизить затраты на втором этапе жизненного цикла. Подходы к решению вопросов эксплуатационной надежности тягового подвижного состава [3, 4, 5, 6] представлены в работах: Федоренко Н.П., Рыбальского В.И., Вагнера Г., Митрофанова Г.Д., Жинкина Г.Н., Соколина В.П., Воропаева В.И., Малоземова Н.А., Носырева Д.Я., Осяева А.Т., Павловича Е.С., Подшивапова А.Б., Сквородникова Е.И., Четвергова В.А., Чанкина В.В., Волкова Б.А., Иванова М.И., Спиридонова Э.С., Клыкова М.С., Переселенкова Г.С., Григорьева Н.П., Шимохина В.В. и др.

Для поддержания надежности на достаточном для эксплуатации уровне существует система планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания. От того, насколько правильно используется, содержится и ремонтируется локомотив, зависит его техническое состояние и в конечном счете его надежная работа.

Проведенный анализ существующих методов в области оптимизации системы технического обслуживания и ремонта локомотивов позволил определить основные направления технологических и математико-прогнозных мероприятий. Установлено, что существует вполне определенное соответствие между поколением ТПС и уровнем системы технического обслуживания и ремонта, в частности, объединение системы планово-предупредительного ремонта и ТОР по техническому состоянию позволяет использовать основные преимущества двух систем ремонта и снизить последствия присущих им недостатков. Поэтому разработка методов прогнозирования

системы технического обслуживания и ремонта модернизированного ТПС в этом направлении является перспективной.

Усовершенствованная методология для определения показателя надежности основных систем локомотивов и единицы ТПС в целом позволит оптимизировать периодичность проведения технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава и, как следствие, ресурс локомотивов.

Цель исследования - усовершенствование методологии определения показателя надежности основных систем локомотивов и единицы ТПС для оптимизации межремонтных пробегов, максимально возможное приближение их прогнозных значений к технически обоснованному ресурсу базовых деталей и узлов.

Материалы и результаты исследования. Тепловоз как сложная техническая система состоит из многих систем, но по способностям выполнять ту или иную работу его можно разбить на

функциональные элементы и подсистемы (табл. 1, рис. 1). При составлении структурной схемы функциональные связи между элементами заменяются логическими, которые характеризуют безотказную работу системы в зависимости от состояния элементов.

Элементы (подсистемы), при отказе которых отвечает отказом вся подсистема (система), считают последовательно соединёнными в логической схеме, а элементы, отказ которых не приводит к отказу системы, включаются в параллельное соединение в логической схеме. Стохастическая модель для определения безотказности модернизированных маневровых тепловозов узлами разных поколений (ходовая часть – II поколение, дизель и другие системы тепловоза – IV поколение) в общем виде может быть представлена в виде следующего выражения:

$$P(L) = P_{II}(L) + P_{IV}(L) - P_{II}(L) P_{IV}(L). \quad (1)$$

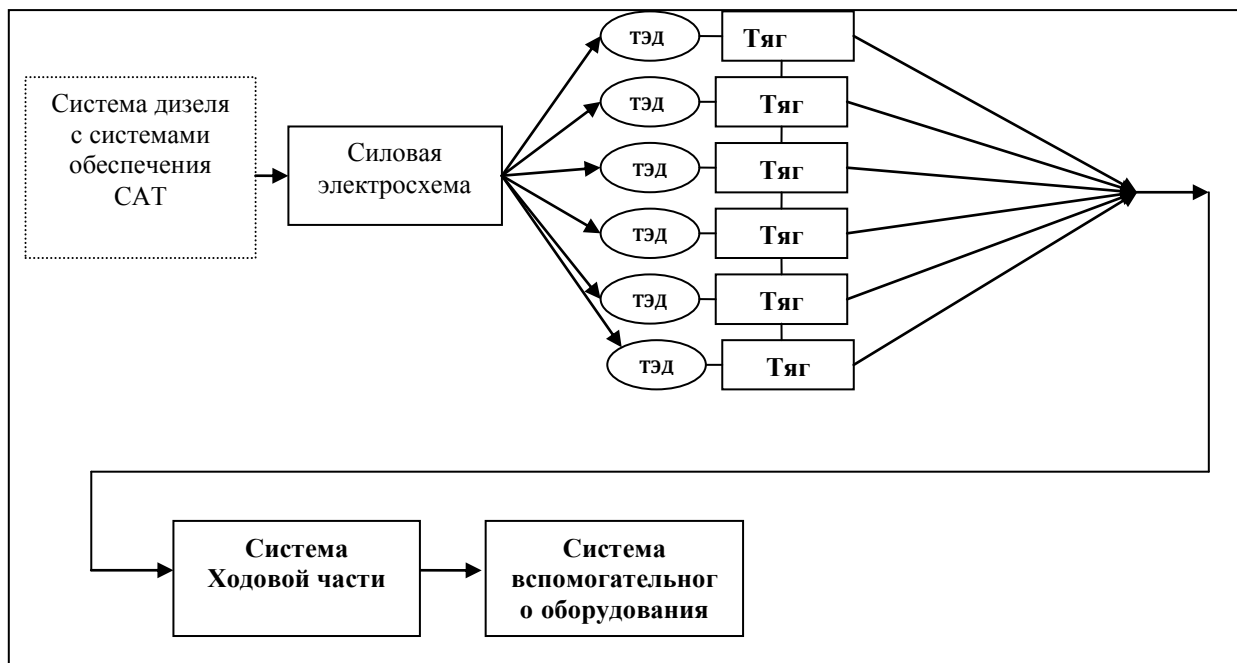


Рис. 1. Общая структурная схема модернизированного маневрового тепловоза ЧМЕЗМ

Прогнозная модель для определения безотказности может быть получена из следующих соображений.

Если в общем случае мы имеем n подсистем, вероятность безотказной работы каждой из которых равняется соответственно $P_i, i = 1, \dots, n$, то формулы для расчетов вероятности безотказной работы системы имеют такой вид:

- для последовательного соединения элементов:

$$P_{\text{посл}} = \prod_{i=1}^n P_i; \quad (2)$$

- для параллельного соединения элементов (дублирования):

$$P_{\text{пар}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i); \quad (3)$$

- для совместимых событий (оценки в отношении функционально связанной основной системы и вспомогательных подсистем, например, теплоэнергетическая установка тепловоза):

$$P_{\text{сов}} = \sum_{i=1}^2 P_i - \prod_{i=1}^2 P_i P_{i+1}. \quad (4)$$

Таким образом, тепловоз в данной расчетной схеме представлен в виде совокупности структурных единиц, которые объединяют его основные агрегаты и системы (см. рис. 1).

Модернизированные тепловозы ввиду разного технического уровня их узлов и агрегатов, а также недостаточного опыта эксплуатации нуждаются при прогнозировании уровня их надежности на разных этапах эксплуатационно-ремонтного цикла в привлечении заимствованных сведений относительно результатов эксплуатации идентичных узлов и агрегатов на других сериях тепловозов, а также в информации разного рода, имеющейся в соответствующих литературно-технических источниках, в том числе априорной информации и экспертных оценках [7-14].

Использование существующего формального подхода [15] к определению надежности технических многоэлементных систем локомотивов

с применением расчетных соотношений (1) – (4) показывает, что при уровнях безотказности элементов систем модернизируемого локомотива, представленных в табл. 1, на уровне 96% вероятность безотказной работы тепловоза составит только ~ 0,4, а при 0,97 ~ 0,5, 0,98 ~ 0,63 и лишь при 0,99 безотказность составит ~ 0,8. Таким образом, вероятность отказа при текущей поездке даже в последнем случае составляет не менее 20%, что, естественно, не соответствует практике эксплуатации.

При показателях надежности тепловозов ЧМЭЗ и ЧМЭЗП, представленных в табл. 1, использование существующего алгоритма определения безотказности показало, что прогнозное значение для прототипа составляет 0,54, а для модернизированного ТС – 0,6, что в качестве прогноза не имеет права на существование.

Таблица 1

Данные расчета по предлагаемому алгоритму показателей надежности маневровых локомотивов ЧМЭ и ЧМЭЗП (модернизированного) до проведения ТОЗ

Системы тепловоза	№ элемент	Элемент системы	Безотказность элементов Р _с (ТОЗ)		Безотказность подсистем Р _п (ТОЗ)		Безотказность систем Р _с (ТОЗ)		Гипотезы Р(q) _y		Безотказность локомотива Р _л	
			ЧМЭЗ	ЧМЭЗП	ЧМЭЗ	ЧМЭЗП	ЧМЭЗ	ЧМЭЗП	ЧМЭЗ	ЧМЭЗП	ЧМЭЗ	ЧМЭЗП
1. Холодовая часть	11	Рама тепловоза	0,99	0,995	Р _{1мв↓}		0,876	0,880	0,260	0,447		
	12	Автосцепное устройство	0,98	0,98	0,961	0,961						
	13	Ударопоглощающий аппарат	0,98	0,98								
	14	Рама тележки	0,99	0,99	0,99	0,99						
	15	Тормозная система	0,98	0,98	0,98	0,98						
	16	Буксовый узел с комплектом пружин	0,98	0,98	Р _{1пр↓}							
	17	Гидравлические гасители колебаний	0,99	0,99	0,970	0,970						
	18	Возвращающее устройство	0,98	0,98								
	19	Колесная пара	0,99	0,99	Р _{2вд↓}							
2. Дизель со вспомогательным и системами	21	Топливная система	0,96	0,985	0,816	0,929	0,772	0,917	0,443	0,207	0,81	0,89
	22	Масляная система	0,95	0,985								
	23	Система охлаждения	0,96	0,985								
	24	Система воздухообеспечения	0,95	0,985								
	25	Система автоматики	0,96	0,985								
	26	Дизель	0,93	0,985								
3. Электрическая передача	31	Тяговый генератор	0,975	0,985	0,975	0,985	0,903	0,920	0,138	0,197		
	32	Силовая электросхема	0,97	0,98	Р _{3тп↓}							
	33	Тяговый электродвигатель	0,98	0,98	0,951	0,951						
	34	Тяговый редуктор	0,97	0,97	Р _{4вс↓}							
4. Вспомогательные системы	41	Редукторы, вентиляторы	0,97	0,985	0,933	0,956	0,890	0,938	0,159	0,150		
	42	Система электроснабжения, отопления	0,98	0,985								
	43	Система снабжения песком	0,98	0,985								
	44	Система диагностики	0,95	0,98								

Суть выдвигаемой гипотезы состоит в следующем. Системы тепловоза в процессе эксплуатации периодически подвергаются процедурам технического обслуживания и ремонта

оборудования разного уровня, логически увязанных в систему содержания, целью чего является исключение отказов ПС. При этом очевидно, что выражение (2) может быть представлено в виде

$$P_c = \prod_{i=1}^n P_i = 1 - Q_c = \left(1 - q_1 P_2 P_3 \dots P_n + q_2 P_1 P_3 \dots P_n + \dots + \frac{q_i P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_i} + \dots + \frac{q_n P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_n} + \dots \right. \\ \left. + \frac{q_1 q_2 P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_1 P_2} + \frac{q_1 q_3 P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_1 P_3} + \dots + \frac{q_i q_j P_1 P_2 \dots P_i P_j \dots P_n}{P_i P_j} + \dots \right. \\ \left. + \frac{q_i q_j \dots q_k \dots q_n}{q_k} \cdot \frac{P_1 P_2 \dots P_k \dots P_n}{P_1 P_2 \dots P_n} + \dots + q_i q_j \dots q_k \dots q_n \right), \quad (5)$$

где $i = 3 \dots n$;
 $j \neq i$; $j = 3 \dots n$;

n — число подсистем в системе единицы подвижного состава, и что левая часть данного выражения корректна только при учете всех компонентов правой части. Строго говоря, существование всех членов правой части означает отсутствие системы ТОР как таковой, в то время как разложение левой части в ряд по степеням отказов указывает на целесообразность уменьшения влияния возможности отказов на безотказность транспортного средства, эксплуатируемого в условиях системы содержания. Наиболее естественно — последовательно для обслуживаний разного ранга (начиная со старших) пренебрегать членами разложения, содержащими наибольшее число q - сомножителей.

Например, для системы из трех элементов-подсистем

$$Q_c = q_1 P_2 P_3 + q_2 P_1 P_3 + q_3 P_1 P_2 + q_1 q_2 P_3 + q_1 q_3 P_2 + q_2 q_3 P_1 + q_1 q_2 q_3 \quad (6)$$

возможность отказа одновременно всех трех элементов системы (из трех), что, учитывая применение системы содержания ПС ППР+ТОР, выглядит нереальным. Очевидно, исходя из тех же соображений, следует также исключить и возможность одновременного отказа двух элементов в системах оборудования локомотивов с элементным составом до 8...10 ед. (по крайней мере, до этапа ТОЗ). Указанные выше положения служат основными постулатами выдвигаемой гипотезы.

В соответствии с принятой гипотезой формула (6) должна быть записана в следующем виде:

$$Q_c = q_1 P_2 P_3 + q_2 P_1 P_3 + q_3 P_1 P_2. \quad (7)$$

Основной математической формулировкой гипотезы является полученное из принятых выше постулатов выражение для определения безотказности систем оборудования из n элементов в период до очередного ТО - 3:

$$P_c = 1 - \sum_{i=1}^n q_i \frac{P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_i} = 1 - Q_c. \quad (8)$$

Из соотношения (8) следует, что

$$Q_c = \sum_{i=1}^n q_i \frac{P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_i}. \quad (9)$$

Данное выражение в гораздо большей степени отражает стохастическое взаимодействие подсистем системы локомотива, так как, по сути, соответствует формуле полной вероятности отказа с гипотезами

$$H_i = \frac{P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_i}$$

$$P(Q_c) = \sum_{i=1}^n P(H_i) P(q_i / H_i) = Q_c = \sum_{i=1}^n q_i \frac{P_1 P_2 \dots P_i \dots P_n}{P_i} \quad (10)$$

или, в упрощенном виде:

$$Q_c = \sum_{k=1}^n P(q_k) \cdot q_k. \quad (11)$$

Практическое совпадение классического выражения для полной вероятности с полученным в результате принятия при определении гипотезы $P(H_i) = P(q_k)$ её как произведения безотказностей элементов $\prod_{\substack{i=1 \\ k=1 \\ i \neq k}}^n \frac{P_i}{P_k}$ при 1-ой степени зависимости безотказности от отказов q_k очевидно не может быть расценено как случайное совпадение и в

определенной степени подтверждает корректность предлагаемого подхода.

Единственным отличием полученной формулы (10) от классического подхода к определению полной вероятности является ненормированность единицы суммы гипотез: $\sum_{k=1}^n P(q_k)_y \neq 1$. Это можно

расценить как совместность событий, определяемых гипотезами, или их взаимозависимость (см. (4)), чем расширяется вариативность применения ф-лы (10). Однако условием необходимости постановки локомотива на ТО - 3 в силу принятых выше допущений целесообразно установить безусловное выполнение одной из

условных гипотез, т.е. равенства $\sum_{k=1}^n P(q_k)_y = 1$. При

этом предлагается алгоритм корректировки гипотез по способу, примененному при выводе известной

формулы Бейеса, т.е. равенство $\sum_{k=1}^n P(q_k)_y = 1$

результатом проведенного опыта.

Таким образом, для получения полного соответствия выражений (10, 11) формуле для полной вероятности целесообразно воспользоваться известной формулой Бейеса, которую для каждой условной (уточненной) гипотезы $P(q_k)_y$ следует записать в виде

$$P(q_k)_o = \frac{P(q_k)q_k}{\sum_{k=1}^n P(q_k)q_k}, \quad (12)$$

что дает возможность не только нормировать сумму условных гипотез к 1, но и количественно уточнить вероятность безотказности тепловоза в целом перед постановкой его на ТО - 3. Для этого подставляем найденные значения уточненных гипотез $P(q_k)_y$ в полученное ранее выражение (11) и выполняем соответствующий расчет безотказности тепловоза $P_{л}$, представляя в качестве элементов надсистемы (локомотива) его четыре системы (см. рис. 1, табл. 1).

Результаты сравнительного расчета показателей надежности тепловоза ЧМЭЗ (прототипа) и модернизированного ЧМЭЗП в составе систем и в целом (см. табл. 1) свидетельствуют о повышении вероятности безотказной работы последнего между ТОЗ в результате модернизации с 0,81 до 0,89, т.е. на ~ 10% при соответствующем снижении вероятности отказа с 0,19 до 0,11, т.е. на 42%. Таким образом, упрощенно считая, что пробеги модернизированных тепловозов между обслуживаниями ТОЗ обратно пропорциональны вероятности отказа на этом пробеге, по результатам данных прогнозных исследований получено, что последние могут быть увеличены на величину порядка 40...50% при соответствующем увеличении

межремонтных пробегов. Вследствие этого следует прогнозировать также существенное снижение денежных и материальных затрат на содержание модернизированных тепловозов в эксплуатации в сравнении с их прототипами.

Выводы. 1. В результате исследований получен алгоритм стохастического определения показателя надежности основных систем локомотивов и единицы ТПС в целом, который учитывает влияние системы содержания на безотказность изделия.

2. В результате применения предлагаемого алгоритма получено, что эксплуатационный пробег модернизированных тепловозов между техническими обслуживаниями может быть увеличен на ~ 40-50% в сравнении с прототипом. Это следует расценивать как важный фактор при оценке целесообразности пополнения парка локомотивов в стране модернизацией существующего ПС с заменой устаревших групп оборудования прогрессивными экономичными аналогами.

Л и т е р а т у р а

1. Векторы реформирования железнодорожной отрасли Украины. Локомотив информ №04 (82), 2013, изд-во «Подвижной состав», г. Харьков.
2. Батис Ф. Модернизация подвижного состава // Ж. д. мира. — 1998. — №8. — С. 11-21.
3. Пустовой В.Н. Перспективы развития подвижного состава и реорганизации ремонтной базы // Железнодорожный транспорт. — 2001. — №3. — С. 10-16.
4. Ремонт локомотивов с учетом их фактического состояния / А.В. Горский, А.А. Воробьев, А.К. Омарбеков, А.В. Скребок // Железнодорожный транспорт. — 1999. — №8. — С. 43-47.
5. Совершенствование системы ремонта и технического обслуживания тепловозов: // Сб. науч. тр./ ВНИИ ж.-д. трансп./ ред. Подшивалов А.Б., Антропов В.С. — М.: Транспорт, 1995. — 174 с
6. Белецкий Ю.В., Володарец М.В. Анализ методов оптимизации системы обслуживания и ремонта локомотивов // Вестник Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля. Луганск. — 2012. — № 3 (174), ч. 2. — С. 217-224.
7. Боднар Е.Б., Методы определения межремонтных периодов локомотивов. Сборник научных работ Днепропетровского гос. техн. ун-та. жел. тр-та. Транспорт. Выпуск 9. Дн-ск ДПТ. - 2001 г. 33-37 с.
8. Геннадиев Г. Метод оценки эффективности системы технического обслуживания и ремонта на железнодорожном транспорте // Железнодорожный транспорт. — 1998. - №3. — С. 30-33.
9. Гуров С.В. Математическое описание стационарного режима функционирования и оценка показателей надежности технических устройств с произвольными законами распределения. // Надежность и эксплуатация сложных систем: // Сб. науч. тр. — Л.: ЛИАП, 1985. — С. 18-27.
10. Диагностика и мониторинг технического состояния подвижного состава // Ж. д. мира. — 1997. — № 11. — С. 13-16, 80.

11. Заренин Ю.Г. и др. „Ручные” и машинные методы прогноза надежности сложных систем. — М.: Знание, 1986. — 104 с.

12. Игин В.Н. Оптимальные показатели долговечности локомотивов // Ж.-д. трансп. — 1996. — №7. — С.42-44.

13. Ильгисонис М.Г. Методика определения параметра потока отказов с использованием персональной ЭВМ // Соверш. системы ремонта и техн. обл. тепловозов: // Сб. науч. тр./ ВНИИ ж.-д. трансп. — М., 1995. — С. 58-67.

14. Капранов Н.Н., Карунов А.В. Информационные потоки в системе технического содержания локомотивов // Межвуз. сб. науч. тр./Сам. ин-т инж. ж.-д. трансп. — 1999. — №19. — С. 155-158.

15. Венцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. — М.: Высш. шк., 2000. — 480 с.

References

1. Vektory reformirovaniya zheleznodorozhnoj otrasli Ukrainy. Lokomotiv inform №04 (82), 2013, izd-vo «Podvizhnoj sostav», g. Har'kov.

2. Batis F. Modernizacija podvizhnogo sostava // Zh. d. mira. — 1998. — №8. — С. 11-21.

3. Pustovoj V.N. Perspektivy razvitija podvizhnogo sostava i reorganizacii remontnoj bazy // Zhelezno-dorozhnyj transport. — 2001. — №3. — С. 10-16

4. Remont lokomotivov s uchetom ih fakticheskogo sostojaniya / A.V. Gorskij, A.A. Vorob'ev, A.K. Omarbe-kov, A.V. Skrebkov // Zheleznodorozhnyj transport. — 1999. — №8. — С. 43-47.

5. Sovershenstvovanie sistemy remonta i tehničeskogo obsluzhivaniya teplovozov: // Sb. nauch. tr./ VNIИ zh.-d. transp./ red. Podshivalov A.B., Antropov V.S. — М.: Transport, 1995. — 174 s.

6. Beleckij Ju.V., Volodarec M.V. Analiz metodov optimizacii sistemy obsluzhivaniya i remonta loko-motivov // Vestnik Vostochnoukrainskogo nacional'nogo universiteta im. V. Dalja. Lugansk. — 2012. — № 3 (174), ch. 2. — С. 217-224.

7. Bodnar E.B., Metody opredelenija mezhremontnyh periodov lokomotivov. Sbornik nauchnyh rabot Dnepropetrovskogo gos. tehn. un-ta zhelezn. tr-ta. Transport. Vypusk 9. Dn-sk DИIT. — 2001 g. 33–37 s.

8. Gennadiev G. Metod ocenki jeffektivnosti sistemy tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta na zhelezno-dorozhnom transporte // Zheleznodorozhnyj transport. — 1998. — №3. — С. 30-33.

9. Gurov S.V. Matematicheskoe opisanie stacionarnogo rezhima funkcionirovaniya i ocenka pokazatelej nadezhnosti tehničeskikh ustrojstv s proizvol'nymi zakonami raspredelenija // Nadezhnost' i jekspluatacija slozhnyh sistem: // Sb. nauch. tr. — L.: LIAP, — 1985. — С. 18-27.

10. Diagnostika i monitoring tehničeskogo sostojaniya podvizhnogo sostava // Zh. d. mira. — 1997.— № 11. — С. 13-16, 80.

11. Zarenin Ju.G. i dr. „Ruchnye” i mashinnye metody prognoza nadezhnosti slozhnyh sistem. — М.: Znanie, 1986. — 104 s.

12. Igin V.N. Optimal'nye pokazateli dolgovechnosti lokomotivov // Zh.-d. transp. — 1996. — №7. — С. 42-44.

13. Il'gisonis M.G. Metodika opredelenija parametra potoka otkazov s ispol'zovaniem personal'noj JeVM // Soversh. sistemy remonta i tehn. obsl. teplovozov: // Sb.nauch. tr./ VNIИ zh.-d. transp. — М., 1995. — С. 58-67.

14. Kapranov N.N., Karunov A.V. Informacionnye potoki v sisteme tehničeskogo soderzhanija lokomoti-vov // Mezhvuz. sb. nauch. tr./ Sam. in-t inzh. zh.-d. transp. — 1999. — №19. — С. 155-158.

15. Vencel' E.S., Ovcharov L.A. Teorija verojatnostej i ee inzhenernye prilozhenija. — М.: Vyssh. shk., 2000. — 480 s.

Kushchenko A.V., Siomin Y.G.

IMPROVEMENT OF CALCULATION OF NON-FAILURE OPERATION OF THE MODERNIZED LOCOMOTIVES

In article the questions connected with increase in reliability of calculation of non-failure operation of the upgraded rolling stock are considered. It is offered improvement of a method of definition of non-failure operation of such traction units that increases adequacy of modeling of systems of maintenance of locomotives and, thereby, to development of the correct solutions of rather optimum system of contents.

Key words: traction rolling stock, modernization, non-failure operation, operational reliability, modeling, resource, stochastic approach.

Кущенко Александр Владимирович — к.т.н., доц. кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Kushchenko Alexander Vladimirovich is PhD in Technological Sciences, Associate Professor, Transport Systems departments, State Educational Institution of Higher Professional Training LPR "Luhansk national university named after Vladimir Dahl".

E-mail: logistikatt@mail.ru

Сёмин Юрий Григорьевич — к.т.н., доц. кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Siomin Yury Grigoryevich is PhD in Technological Sciences, Associate Professor, Transport Systems departments, State Educational Institution of Higher Professional Training LPR "Luhansk national university named after Vladimir Dahl".

E-mail: logistikatt@mail.ru

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович — д.т.н., проф., заведующий кафедрой «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 09.03.2017

УДК 656.07

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СОВРЕМЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Лучко М.И., Попов С.В., Рязанцева Н.А.

INFORMATION TECHNOLOGIES AT MODERN TRANSPORT ENTERPRISE

Luchko M. I., Popov S.V., Ryazantseva N.A.

Статья посвящена актуальной теме внедрения информационных технологий на современном транспортном предприятии. Рассмотрены электронные системы, способствующие оптимизации работы с документами и данными на транспортном предприятии и ускорению принятия решений. Проанализирован ряд информационных систем, имеющих свои специфики, функционал и интеграцию в сферу деятельности транспортных предприятий в частности, и логистических систем в целом. Данные информационные системы способствуют развитию транспортной логистики благодаря информационным технологиям, суть которых состоит в замене бумажных носителей и перевозочных документов электронными, позволяющим автоматизировать информационные потоки, сопровождающие грузовые потоки.

Ключевые слова: документооборот, информационные потоки, транспортная логистика (ТЛ), транспортное предприятие, скорость обработки данных, электронный обмен данными.

Введение. Единое интегрированное информационное пространство современного автотранспортного предприятия является «виртуальным» по своей сути и основывается на технологии реляционных баз данных и клиент-серверной архитектуре локальной вычислительной сети. «Виртуальность» информационного пространства проявляется в том, что материальный носитель перестает играть решающую роль в процессе обработки информации. Сотрудники работают преимущественно не с документами, а с конкретными показателями, состав и структура которых необходимы и достаточны для решения данной производственной проблемы (причем данные в процессе манипулирования выводятся на монитор компьютера в режиме реального времени). Каждое изменение ситуации принятия решения уже не требует длительного дополнительного сбора существенных данных, которые зачастую являются «собственностью» отдельных специалистов или функциональных подразделений, поскольку вся необходимая информация для решения принципиально неограниченного круга

производственных проблем содержится в базе данных, доступ к которой при помощи индивидуального автоматизированного рабочего места осуществляется за секунды и минуты, а не за дни и недели (сроки, за которые собирается информация из документов при бумажной технологии обработки информации).

Анализ последних исследований и публикаций. Использование компьютерной техники и современного программного обеспечения позволяет значительно повысить скорость и качество управленческих решений. Современное состояние логистики и её развитие во многом сформировалось благодаря бурному развитию и внедрению во все сферы бизнеса информационно-компьютерных технологий. Реализация большинства логистических концепций была бы невозможна без использования быстродействующих компьютеров, локальных вычислительных сетей, телекоммуникационных систем и информационно-программного обеспечения [1].

Разнообразные информационные потоки, циркулирующие внутри и между отделами транспортного предприятия, транспортным предприятием и внешней средой (другими предприятиями и организациями), образуют своеобразную логистическую информационную систему, которая может быть определена как интерактивная структура, состоящая из персонала, оборудования и процедур (технологий), объединенных связанной информацией, используемой менеджментом предприятия для планирования, регулирования, контроля и анализа функционирования транспортного предприятия. Если в информационной системе осуществляется автоматизированная обработка информации, то техническое обеспечение включает в себя компьютерную технику и средства связи между самими компьютерами.

Эффективность управления транспортным предприятием в значительной мере зависит от эффективности его информационного обеспечения.

В настоящее время между партнерами широко распространяются технологии безбумажных обменов информацией. На транспорте вместо сопровождающих груз многочисленных документов (особенно в международном сообщении) по каналам связи (интернет) синхронно с грузом передается информация, содержащая о каждой отправляемой единице все необходимые для нее характеристики товара и реквизиты. При такой системе на всех участках маршрута в любое время можно получить исчерпывающую информацию о грузе и на основе этого принимать управленческие решения. Информационная система дает возможность грузоотправителю получать доступ к файлам, отражающим состояние транспортных услуг и загрузку транспорта [2].

Формирование и ведение базы данных обеспечивается технологией реляционных баз данных, благодаря которой осуществляется объединение разнообразных, зачастую «пересекающихся» информационных представлений отдельных специалистов и руководителей, необходимых для решения частных проблем управления производством, в единую непротиворечивую информационную картину. Данная картина позволяет получить целостное представление о работе предприятия, создает условия для оперативного анализа первичных глубинных производственных явлений, которые при бумажной технологии обработки информации вряд ли вообще могли быть обнаружены (например, ежедневные изменения доходов по каждому маршруту автобусов). В свою очередь, клиент-серверная архитектура обеспечивает одновременный доступ к базе данных множества пользователей (зачастую разделенных географически, но объединенных информационно) и координацию их взаимодействия.

Крупные зарубежные транспортные и товарораспределительные компании сегодня ориентируются на применение сложных интегрированных информационных систем. На их разработке специализируются отдельные фирмы. Устойчивость экономического положения, стабильность и единая технология расчетов делают эти программные продукты тиражируемыми, что существенно снижает их стоимость. В Западной Европе существуют фирмы, разрабатывающие и специальное программное обеспечение для управления транспортными компаниями. К сожалению, использовать сегодня в нашей стране эти программы в большинстве случаев затруднительно из-за несовместимости технологий учета и расчетов. На отечественном рынке имеются разработки, подобные американским бухгалтерским системам для малых и средних предприятий (например, "Турбобухгалтер", "Инфобухгалтер", "1С Бухгалтерия" и др.), однако они позволяют выполнять лишь часть операций типового характера, и их полная адаптация к нынешним

условиям работы транспортных компаний достаточно сложна.

Все более широкое применение на транспорте в Германии и Бельгии, например, находит технология дифференцированного экономического учета работы транспортных средств с анализом производительности, рентабельности и управлением использованием путем ремонта, списания и комбинирования маршрутов. Дифференцированный контроль на трассе с помощью бортовых ЭВМ и электронный обмен данными позволяют существенно увеличить оборот информации, отказаться от путевых документов и тем самым экономить огромные суммы. В Шотландии, Ирландии и Англии, а теперь и во всех странах ЕС применяются бортовые вычислительные системы с магнитными носителями информации, позволяющие автоматизировать учет работы транспортного средства и водителей, оперативно контролировать соблюдение режимов труда и отдыха. Кроме того, многие фирмы занимаются разработкой и продажей специальных программ маршрутизации и калькуляции себестоимости перевозок, оптимальной загрузки транспортных средств, снабжения запасными частями. С их помощью можно выполнять расчеты протяженности маршрутов, времени их прохождения, остановок на пограничных переходах и заправках. Они также позволяют оперативно оценивать дорожные условия, расход топлива на маршруте и разработку подробной легенды прохождения маршрутов для водителей, а также блокировать нежелательные направления движения или отдельные автодороги, исключая их из рассмотрения при планировании маршрута.

Цель исследования. Исследование проводилось с целью проанализировать современные информационные технологии, которые позволят повысить эффективность доставки грузов за счет возможности быстрого доступа к информации о субъектах (покупатель, перевозчик, терминал) и объектах (товары и услуги) доставки.

Материалы и результаты исследования. Новые задачи, связанные с внедрением логистических принципов в сфере перевозок, требуют создания информационной инфраструктуры, позволяющей организовывать, собирать и передавать информацию всем участникам логистической сети. Это предполагает идентификацию и стандартизацию источников информации, средств ее обработки и передачи. Ядром интегрированной информационной системы является модуль автоматизированной обработки товарно-транспортных документов. Он в большой степени определяет эффективность всей интегрированной информационной системы, поскольку максимально задействован в повседневных бизнес-операциях.

Благодаря развитию сети Интернет и активизации деятельности многочисленных

виртуальных служб цикл услуг по доставке товаров конечному потребителю начинает приобретать вполне конкретные, основанные на типизации транспортно-технологических, информационных и финансовых операций формы. В силу этого логистика все теснее связывается и все чаще ассоциируется с разработкой сложных проектов доставки – распределения товаров, ресурсов. Начинают создаваться центры по разработке и продаже таких проектов. Причем предметная область проекта может быть различной – от разработки системы управления транспортно-экспедиторской компанией до организации выставки в другой стране, на другом континенте. Иными словами, публикуемые сегодня в сети Интернет предложения крупных проектно-логистических, информационных и программно-технических центров и фирм свидетельствуют о начале нового этапа в развитии логистики и транспортной логистики в частности. Этот этап характеризуется не только широким использованием интернет-технологий в классической логистике, но и активизацией исследований в области логистического проектирования и интерактивного обеспечения

логистических цепей с электронным обменом данными.

Электронный обмен данными — процесс, который позволяет с помощью компьютеров наладить связь между компаниями, заключить сделку с помощью глобальных и локальных вычислительных сетей, которые непосредственно организуют взаимодействие между компьютерами различных компаний. Чтобы реализовать эти возможности, компании заключают стандартные протоколы обмена и заключают между собой договоры.

Удобство и выгода использования обмена электронными документами заключаются в том, что EDI (Electronic Data Interchange — электронный обмен данными) имеет коммуникационную платформу, к которой каждый клиент (будь он ритейлер, поставщик или логистическая компания) подключается один раз и приобретает почти неограниченную возможность общаться со всеми подключенными к платформе участниками, не задумываясь над особенностями их учетных систем и документооборота, квалификацией персонала. Преимущество документооборота с применением сети EDI показано на рис. 1.



Рис. 1. Сравнение схем документооборота с применением сети EDI и без нее

EDI сегодня выступает в двух сущностях [3]. Первый – веб-EDI, который хорошо подходит небольшим торговым сетям и магазинам. Это небольшой оборот, в пределах 30 заказов в месяц. Пользователи просто заходят на некий портал, вводят логин/пароль – и получают доступ к своему функционалу, видят все заказы и поставки, формируют всю первичную документацию и ответные документы (накладные и так далее). Это не совсем полноценный EDI, но он позволяет небольшим компаниям с минимальными затратами решать свои вопросы обмена документами с крупными торговыми сетями.

А полноценный – второй вариант – интегрируется с учетной системой предприятия. Ставится специальное ПО, которое получает данные от сервера провайдера и грузит их в учетную систему, например, 1С. И менеджер по поставкам видит заказ от магазинов уже у себя в 1С в виде документа «Заказ покупателя». Это не столько обмен документами, сколько обмен данными в определенном формате.

Но следует помнить, что EDI-провайдер – это не только «транспорт» для данных, это еще и регулятор стандартов, консультант и т.п. Он может выступать в суде при решении тяжб о нарушении

договоров поставки. Прецеденты такие уже были. Например, в спорных ситуациях между партнерами, когда один утверждает, что отправлял заказ, а второй – что не получал его. Подобные ситуации возникают неоднократно. В таких случаях EDI выступает третейским судьей, внешним аудитором, фиксатором ситуации, который может предоставить

обоим участникам полную информацию о том, что и когда произошло с документами. Это делает последующее разбирательство более легким и быстрым.

Принцип обмена документами в системе EDI представлен на рис. 2:

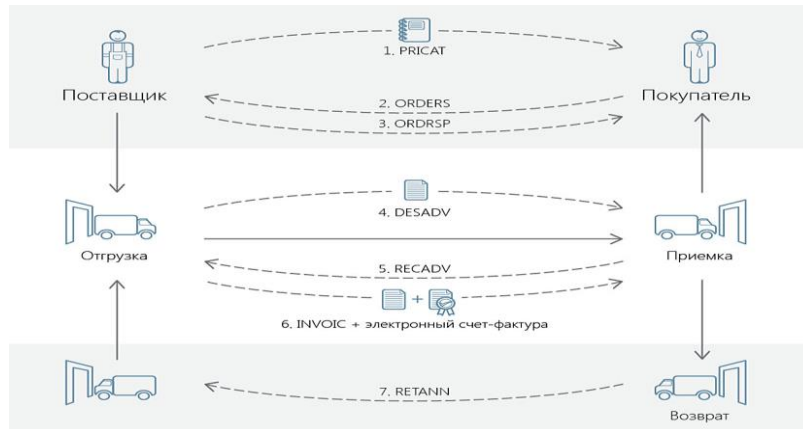


Рис. 2. Принцип обмена документами в системе EDI

Он заключается в следующем:

1. Поставщик направляет ритейлеру свой каталог товаров с ценами (PRICAT).

2. На основании каталога покупатель формирует заказ на поставку продукции (ORDERS). ORDERS — официальный документ, содержащий номер заказа, дату и время поставки, номер договора поставки, реквизиты сторон договора, наименования заказа со ссылками на каталог товаров. Документ позволяет контролировать статус заказа.

3. После этого поставщик посылает ответ на заказ (ORDRSP), где подтверждает или отказывается от него.

4. Когда заказ сформирован и отгружен, поставщик отправляет уведомление об отгрузке товара (DESADV). DESADV — это технически товарно-транспортная накладная с информацией о факте отгрузки, самих товарах (физические характеристики, штрих-код и т.п.), транспортировке.

5. В момент приемки заказа ритейлер высылает поставщику автоматически сформированное уведомление о приемке (RECADV) с актуальными данными о принятой продукции.

6. На основании RECADV поставщик своевременно выставляет правильный счет (INVOIC).

7. INVOIC (счет-фактура) впоследствии оплачивается. Если же ритейлер желает вернуть заказ, то он высылает поставщику уведомление о возврате (RETANN).

Преимущества использования EDI технологий:

- конфиденциальность информации — обеспечивается за счет использования безопасных

каналов передачи данных: AS1 (позволяет надежно передавать документы электронного обмена по сети Интернет через протокол SMTP) и AS2 (объединяет EDI и Интернет, позволяет обмениваться цифровыми данными через протокол https);

- достоверность — обеспечивается использованием MDN (оповещений о местонахождении сообщений) для контрольных сумм, таким образом, полностью исключается возможность внесения изменений в документ без ведома получателя;

- гарантии доставки — система автоматически оповещает отправителя о доставке документа;

- оперативность — обработка и передача документа в течение 15 секунд;

- точность — встроенные интеллектуальные механизмы системы обеспечивают обработку содержания передаваемых документов, и при совершении ошибки в заполнении формы она мгновенно об этом сообщает;

- экономичность — потребность в задействованном персонале сокращается минимум на 70%, а затраты на расходные материалы – на 80%. Иными словами, внедрение EDI позволяет минимизировать расходы, связанные с составлением документов, до 7–10% от общей стоимости сделки;

- IT-совместимость — если в компании имеется ERP-система, то поставщик технологии EDI должен обеспечить ее интеграцию с учетной системой, чтобы избавить клиента от двойного ввода данных. Если же говорить о компаниях, не имеющих учетной системы, то для них существует следующее решение: поставщик

технологии подключает их к WEB-порталу, где компании хранят свои данные и обмениваются ими с контрагентами.

В Беларуси сегодня активно распространяется внедрение ERP-систем (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия) для управления бухгалтерией, финансами и материально-технической базой. Помимо повышения качества управления предприятием в целом, наличие подобных систем является необходимым условием для первичного размещения акций компании на бирже и заключения значимых контрактов на международном рынке перевозок грузов.

С появлением в отрасли автоматизированных систем класса ERP транспортные компании получили инструмент управления финансами. Главное требование к таким системам — достоверность, оперативность и прозрачность всех финансовых данных. И, что важно, в режиме реального времени: руководитель хочет в каждый конкретный момент видеть состояние счетов, отслеживать работу с контрагентами и т.д. Привлекательность систем, работающих в режиме онлайн, заключается в возможности контролировать ситуацию, вносить срочные коррективы в бизнес-процессы, оперативно использовать появившиеся излишки ресурсов с целью получения дополнительного, незапланированного дохода.

Современные информационные технологии, такие, например, как системы поддержки принятия решений, экспертные системы и другие, обеспечивают возможность эффективного анализа технико-экономических проектов, моделирования процессов, подготовки и представления результатов для последующего принятия решений. Применение современных информационных технологий позволяет повысить эффективность доставки грузов за счет возможности быстрого доступа к информации о субъектах (покупатель, перевозчик, терминал) и объектах (товары, услуги) доставки.

Для обеспечения электронного обмена данными в транспортной логистике используются следующие информационные системы:

1. Система Gon-gand. Одной из задач информационной системы Gon-gand является сбор информации о наличии груза. Перевозчик дает заявку о свободных провозных возможностях и направлении перевозки. Информация заносится в базу данных. Информация о грузах поступает в систему непрерывно. Система позволяет группировать грузы по отправителям, получателям, количеству мест и выдает информацию об отправлении, наименовании грузополучателя, номере автомобиля, заказе, коде департамента и сумме отправлений по департаментам.

2. Система Videotrans предназначена для информационного обслуживания предприятий транспорта, которые могут получать справки и

вводить информацию о наличии в их распоряжении транспортных средств или товара для доставки.

3. Система CTC предоставляет для экспедиторов информацию о наличии грузов, типах автомобилей, маршрутах наиболее рационального движения, адреса транспортных фирм, имеющих в наличии свободный подвижной состав, и т.п. Для перевозчиков система предоставляет следующую информацию: возможность загрузки, адрес отправителя, место и время загрузки, время прибытия с грузом, адрес получателя и т.п.

4. Система BRS функционирует аналогично системе CTC. Грузоотправитель контактирует не с перевозчиком, а с информационной системой. Фирма гарантирует оплату перевозчикам выполненной перевозки, если заказчик не произвел своевременно оплату, что повышает привлекательность обслуживания, расширяя тем самым охват рынка потребителей.

5. Система Espace Cat сообщает пользователю параметры перевозимых грузов и схемы их размещения в кузове транспортного средства, представляя эти данные в виде трехмерных графиков. Система вычисляет параметры оптимальной упаковки. Обладая модульной структурой, она достаточно легко приспособляется к требованиям пользователей.

Создание интегрированных систем для поддержки принятия решений при управлении распределением товаров является актуальной проблемой. Такие интегрированные системы включают базы и банки данных, банки моделей, систему информационной поддержки и позволяют проводить экспертные и аналитические оценки при принятии решений.

6. Система ISCIS является интегрированной информационной системой, обслуживающей логистический канал. Время доставки сообщений из любой точки земного шара в другую ограничивается только продолжительностью процесса переформатирования данных, временем ожидания начала обслуживания, а обработка сообщений производится в режиме реального времени, что существенно важно для поставщиков и потребителей, работающих по системе Kanban, "точно в срок" и др.

7. Система GPS — автоматизированная глобальная спутниковая система, предназначенная для определения широты и долготы местонахождения транспортного средства (судна, самолета, грузового автомобиля и т.п.). Система связана с искусственными спутниками Земли. Каждый спутник непрерывно передает в эфир сигналы времени и координаты своего местонахождения. Транспортное средство должно быть оснащено специальным приемным устройством, которое принимает сигналы с трех спутников одновременно, обрабатывает их и выводит координаты точки местонахождения на

дисплей (погрешность результатов составляет не более 3-15 м).

Выводы. Процесс внедрения информационно-компьютерных технологий сегодня необходим и, более того, неизбежен. Это обусловлено все возрастающим объемом подлежащих обработке данных. Обычными, традиционными способами уже не удастся извлечь из этого потока всю полезную информацию и использовать ее для управления предприятием.

Определяющим фактором в управлении становится скорость обработки данных и получение нужных сведений. Прежде всего, внедрение электронного обмена данными, компьютерного учета и обработки данных существенно повышает производительность труда в сфере документооборота. Современные информационные технологии, построенные на основе использования концепций информационных хранилищ и интеллектуальной обработки данных, могут обеспечивать отдачу в 100%.

Проанализирован ряд информационных систем, имеющих свои специфики, функционал и интеграцию в сферу деятельности транспортных предприятий в частности и логистических систем в целом. Данные информационные системы поспособствуют развитию транспортной логистики благодаря информационным технологиям, суть которых состоит в замене бумажных носителей и перевозочных документов электронными, позволяющим автоматизировать информационные потоки, сопровождающие грузопотоки.

Л и т е р а т у р а

1. Информационные технологии в логистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.logistika/IPL.php>.
2. Необходимость использования ИТ в транспортной логистике / Трансinfo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www/articles/poleznye_statji/neobxodimost_ispolzovaniya_it.html.
3. Система EDI – электронный документооборот. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/257816/sistema-edi-elektronnyiy-dokumentooborot-opisanie-instruktsiya-i-otzyvyi>.

R e f e r e n c e s

1. Information technology in logistics [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.logistika/IPL.php>.
2. The need to use it in transport logistics / Transinfo [Electronic resource]. – Mode of access: http://www/articles/poleznye_statji/neobxodimost_ispolzovaniya_it.html.
3. EDI system – electronic data interchange. [Electronic resource]. – Mode of access:

<http://fb.ru/article/257816/sistema-edi-elektronnyiy-dokumentooborot-opisanie-instruktsiya-i-otzyvyi>.

Luchko, M. I., Popov S.V., Ryazantseva N.A. **INFORMATION TECHNOLOGIES AT MODERN TRANSPORT ENTERPRISE**

The article is devoted to the topical issue of the implementation of information technologies in modern transport enterprise. The electronic systems facilitating optimization of the work with documents and data in the transport enterprise as well as expedition of the decision-making had been considered. These systems will contribute to the development of transport logistics due to the information technology, the essence of which is to replace paper forms and shipping documents electronically, and to automate the information flows accompanying the flow of goods.

Keywords: circulation of documents, information flows, transport logistics, transport enterprise, the speed of data processing, electronic data interchange.

Лучко Максим Иванович – к.т.н., доцент кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: logistikatt@mail.ru

Maxim I. Luchko – C.S. Eng., docent, Transport Systems Department, Lugansk Vladimir Dahl National University.
E-mail: logistikatt@mail.ru

Попов Сергей Валерьевич – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Компьютерные системы и сети», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: s_v_popov@mail.ru

Sergey V. Popov – C.S.Eng., docent, Head of the Computer Systems and Networks Department, Lugansk Vladimir Dahl National University.
E-mail: s_v_popov@mail.ru

Рязанцева Наталья Александровна – к.э.н., доцент кафедры «Экономическая кибернетика и прикладная статистика», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Natalya A. Ryazantseva – C.S.Econ., docent, Economic Cybernetics and Applied Statistics Department, Lugansk Vladimir Dahl National University.

Рецензент: Витренко В.А., д.т.н., проф., зав. каф. "Технология машиностроения и инженерный консалтинг", проректор по научной работе ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 658.562

ПОВЫШЕНИЕ ОБЪЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПОМОЩИ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Мокшина О.В.

IMPROVING QUALITY OF CONTROL OBJECTIVE GARMENTS WITH THREE-DIMENSIONAL SCANNING

Mokshina O.V.

Статья посвящена актуальной теме разработки научно-технических основ повышения качества швейных изделий на базе внедрения новых и совершенствования имеющихся методов и средств измерений и определения качества продукции с учетом возможностей современных средств, трехмерного сканирования. Изучение методов контроля качества швейных изделий показывает, что субъективные органолептические методы контроля рационально заменять объективными методами трехмерного сканирования. Комплекс координат точек, получаемый при этом, позволяет определять местные и среднеинтегральные показатели. Сопоставление полученных данных с эталонными демонстрирует уровень качества швейного изделия, что может быть использовано для построения автоматизированных систем управления качеством швейных изделий.

Ключевые слова: качество, трехмерное сканирование, эталон, координаты, автоматизация.

Введение. Условия современной рыночной экономики и жесткой конкуренции требуют от производителя изделий швейной промышленности создания качественной и конкурентоспособной продукции. Особую значимость в условиях рынка приобретают вопросы качества для потребителя. Качество является основным фактором обеспечения конкурентоспособности изделий, поэтому производитель стремится улучшить свойства своей продукции по сравнению с товарами конкурентов, что приводит к увеличению ее стоимости.

В производственных условиях качество изделия закладывается еще на этапе подготовки производства. На рынке одежды сейчас наблюдается прогрессивный рост требований потребителей к качеству, разнообразию изделий с быстро меняющимся ассортиментом моделей. Поэтому одним из основных требований рынка одежды для швейных предприятий является высокая мобильность и эффективность процессов проектирования. В связи с этим совершенствование процессов проектирования одежды, которые

обеспечивают оптимизацию требований производства и потребителей на основе прогнозирования показателей качества одежды в материализации проекта, является актуальным.

Анализ последних исследований и публикаций. Традиционно в легкой промышленности используются органолептические, или простейшие, измерительные способы контроля качества. Учитывая тенденции современных технологий в направлении развития трехмерных измерений, целесообразным было бы использование 3D-сканеров [1]. Учитывая, что реальное швейное изделие является сложным трехмерным объектом, можно таким образом повысить объективность контроля качества [2].

Принципы действия трехмерных сканеров описаны в [3-4], а возможности их использования для контроля над пространственными объектами на примере камер сгорания газотурбинных двигателей — в [5-6]. Считается, что перспективным в этих условиях может быть использование этих сканеров в других отраслях.

Использование таких и подобных устройств позволит создавать математические модели информационно - измерительных комплексов [7], учитывая, что данные со сканеров формируются в компьютерах в цифровом виде. Их использование позволит внедрять математические методы обработки данных при контроле [8-9], использовать экспертные системы и повышать точность измерений при решении задач операционного контроля [10-11].

Автоматизация процесса оценки качества одежды сочетается с задачей создания комплексов по измерению фигуры человека [12].

Наличие цифрового комплекса данных по оценке качества всего изделия как пространственной фигуры подкрепляется методами построения сетей для анализа причин дефектов продукции [13-14].

Следует отметить, что, несмотря на значительное продвижение процессов трехмерного сканирования, их применение в легкой промышленности пока ограничено, а в процессах контроля качества – крайне редко. Внедрение таких технологий в процесс контроля качества способно значительно повысить эффективность производства в швейной отрасли.

Цель исследования - разработка научно-технических основ повышения качества швейных изделий на базе внедрения новых и совершенствования имеющихся методов и средств измерений и определения качества продукции с учетом возможностей современных средств трехмерного сканирования.

Материалы и результаты исследования. Проблема качества носит в современном мире универсальный характер. От того, насколько успешно она решается, зависит многое в экономической и социальной жизни любой страны, практически любого потребителя. Качество швейных изделий чаще всего определяется визуально с помощью органолептических методов.

Органолептический метод является наиболее распространенным, простым и доступным. Качество анализируется с помощью органов чувств человека и его ощущений, поэтому точность и достоверность значений показателей свойств изделия зависят от квалификации, практического опыта, способностей специалистов, оценивающих качество.

Основными средствами органолептического метода служат органы чувств (органы зрения и рецепторы прикосновения). Органы зрения – глаза, которые способны воспринимать зрительные ощущения формы (силуэта), композиции (характера членения деталей), цвета, состояние поверхности и целостность. Рецепторы прикосновения принимают различные тактильные ощущения: прикосновения, давления, удобства в статике и динамике, тепла или холода.

Органолептическим методом устанавливают качество посадки изделия на фигуре, манекене и качество технологии изготовления, качество упаковки и маркировки, а также качество проектных разработок.

В швейной промышленности практически не применяются современные методы трехмерного сканирования, способные во многом заменить субъективные органолептические.

Оценка качества швейных изделий осуществляется в соответствии с нормами стандартов.

Качество посадки изделия на фигуре или манекене определяется визуально. При этом изделие одевается на человека или манекен, застегивается на все пуговицы, и завязывается пояс (если есть). Оценивается соответствие изделия размерам и форме тела человека, моде, целостность композиции изделия, наличие конструктивных дефектов (горизонтальных складок, вертикальных складок,

наклонных складок, угловых заломов и балансовых нарушений), а также удобство пользования мелкими деталями (карманы, пояса, клапаны, застёжки и др.) и удобство в статике и динамике.

Недостатки органолептических методов обусловлены их большой трудоемкостью, большим влиянием субъективизма, отсутствием реальных числовых показателей.

Во многих отраслях находит применение технология трехмерного сканирования. Удобство этого метода подтверждено, например, при контроле камер сгорания реактивных двигателей или в других сложных механических системах.

Несмотря на более низкие требования к точности швейных изделий, данный метод до сих пор не получил должного распространения в связи с недостаточной разработкой методики его применения.

3Dсканер со структурированным светом представляет собой устройство для измерения трехмерной формы объекта с помощью прогностической системы освещенных моделей и камеры.

Проектирование узкой полосы света на поверхности трехмерной формы приводит к ее искажению и может быть использовано для точной геометрической реконструкции формы поверхности (рис. 1).

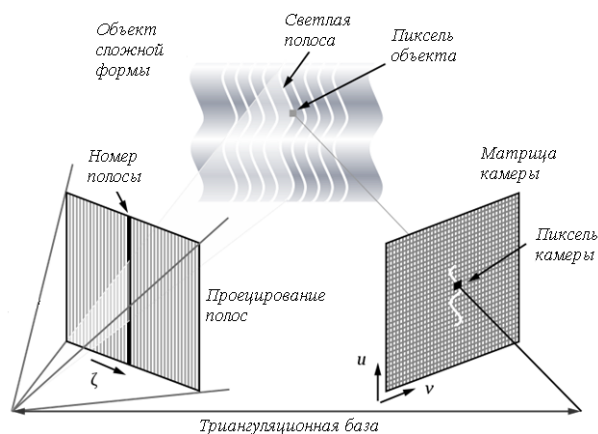


Рис. 1. Принцип трехмерного сканирования

Основная часть 3Dпринтеров пока достаточно затратная, как и дорогостоящий процесс получения изображений. В то же время появились технологии, позволяющие использовать сравнительно недорогие проекционные системы, такие как трехмерные сканеры.

В качестве недорогой альтернативы в настоящее время предлагается два типа сканирования пространственных объектов. Первый использует лазерные ручки, веб-камеры и установленные сзади пластины со специально расположенными точками на каждом фасаде. Точки появляются за объектом и используются

программным обеспечением как часть процесса сканирования.

Вторая система использует тот же тип камеры и проектор, который проецирует изображение на поверхности объекта сканирования. Именно этот процесс, известный как сканирование в структурированном свете, позволяет с помощью специального программного обеспечения различать очертания поверхности с помощью шаблона.

Трехмерное сканирование уже сейчас используется в ряде процессов, таких как точность измерения формы управления производством (например, лопаток турбин), обратное проектирование (получение точных САДанных из существующих объектов), измерения объема (например, объем камеры сгорания в двигателях), классификация шлифовальных материалов и инструментов, измерение поверхности кожи для косметики и медицины, измерения на ткани и коже.

Опыт применения трехмерных сканеров при изучении верхней одежды, надетой на манекен, показывает возможность, по крайней мере, визуального контроля полученного изделия в компьютерной среде (рис. 2).



Рис. 2. Сканированная поверхность одежды на манекене

Обращаем внимание на то, что, несмотря на визуально гладкую поверхность одежды, в реальности в формате Stl она представляет собой набор точек с известными трехмерными координатами (x, y, z). Например, на рис. 3 показана плечевая зона одежды, подверженная сканированию.

При условии, что в распоряжении контролера имеется эталонный образец сканированного объекта, выполненный при изучении изделия на

манекене с идеальной посадкой, для каждой точки можно найти отклонения изготовленного изделия от идеала.

$$D_i = \sqrt{(x_i - x_{ie})^2 + (y_i - y_{ie})^2 + (z_i - z_{ie})^2}; \quad (1)$$

где (x_e, y_e, z_e) – координаты точки на эталоне.

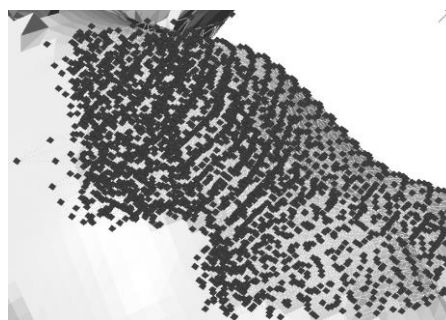


Рис. 3. Расположение контрольных точек на сканированном объекте

Комплекс точек отклонений при изучении реального изделия может быть представлен графически (рис. 4).

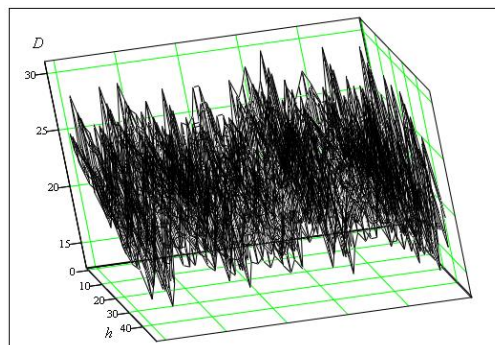


Рис. 4. Комплекс отклонения координат изделия от эталона

С полученными данными работать несколько затруднительно. Основное условие, которое можно отсюда извлечь — непревышение максимальных значений отклонения его предельного значения, которое можно записать в виде $D_{\max} \leq D_{\text{дир}}$.

Для оценки качества посадки всего изделия желательно использовать интегральные показатели. Для этого желательно распределение отклонений в изделии, представляя их как функцию от двух координат — высоты изделия и угла, с которого изделие наблюдается. Для функционального представления данной величины используем метод полиномиальной регрессии, в которой искомая функция представляется в виде

$$D(h, \varphi) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot h^i \cdot \varphi^j. \quad (2)$$

Неизвестные коэффициенты регрессии a_{ij} определяются методом наименьших квадратов. В результате поверхность отклонений от эталона может быть представлена на рис. 5.

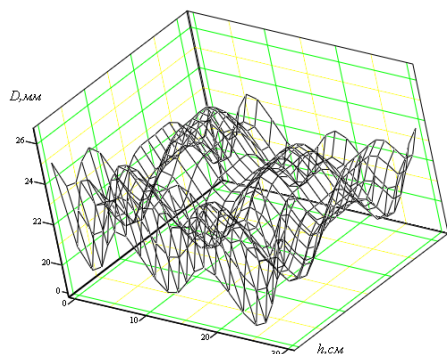


Рис. 5. Поверхность отклонения от эталона в декартовых координатах

В условиях наличия функции реальных отклонений можно, во-первых, реально оценить зоны самых значительных дефектов, во-вторых, выявить интегральные показатели качества, такие как среднеинтегральное отклонение

$$S = \frac{1}{2\pi h_{\max}} \int_0^{2\pi} \int_0^{h_{\max}} D(x, \varphi) dx d\varphi. \quad (3)$$

В случае важности посадки одежды на отдельных участках могут быть введены местные среднеинтегральные показатели отклонения

$$S_m = \frac{1}{\alpha \cdot b} \int_{\beta}^{\beta+\alpha} \int_a^{a+b} D(x, \varphi) dx d\varphi, \quad (4)$$

где a — начало участка контроля по высоте, b — длина участка контроля по высоте, α — начало участка контроля под углом, β — угол контроля.

Рассмотрим реальный пример сканирования при помощи кинектсистемы.

Процесс проведения исследований с помощью него заключается в обведении измеряемого объекта прибором. Точки исследуемого объекта фиксируются компьютером и отображаются на экране в виде поверхности (рис. 6).

К сожалению, использовать полученные данные затруднительно. На самом деле поверхность представляет собой множество несвязанных между собой точек, количество которых составляет около двух миллионов. Даже современные компьютеры с трудом справляются с таким количеством информации.

В связи с этим можно поставить ряд задач по использованию данного устройства. Первая заключается в построении реальной поверхности

фигуры или одежды (для использования в целях дизайна или последующего получения разверток). Вторая задача — определение реальных размерных признаков для реального конструирования.



Рис. 6. Результат сканирования с помощью кинектсистемы

Займемся пока второй задачей и сосредоточимся на наиболее сложной части — определении обхватных размеров.

Выясним сначала, какую информацию можно извлечь из полученных данных. При сохранении данных с 3Dсканера в виде DXF-файла, последний можно открыть с помощью текстовых программ. Каждая точка в нем выделяется определителем POINT, после чего следует ряд данных (номер, цвет и т.д.). Нас больше интересуют координаты точек. Так, после определителя 10 в файле располагается число абсцисса точки, после определителя 20 — ордината точки, после определителя 30 — аппликата точки.

Учитывая наше стремление определять обхватные признаки, которые располагаются на определенной высоте, попробуем избавиться от одной координаты. Для этого разобьем общую поверхность точек поперечного сечения с расстояниями между ними Δz на ряд областей, каждая из которых близка к плоской фигуре (рис. 6).

При этом в каждую область попадают точки, относящиеся к определенной высоте измерений. Можно определить положение плоскости, которое относится к определенному размерному признаку. Можно также исследовать все полученные области, после чего выделить те, которые наиболее подходят под определение размерных признаков (наибольшие или наименьшие обхваты). В любом случае каждая точка выбранной области имеет в DXF-файле три координаты, причем аппликата в исследуемой области лежит в пределах

$$z_i - \frac{\Delta z}{2} \leq z \leq z_i + \frac{\Delta z}{2}.$$

Введем предположение о том, что в рамках данной области конфигурация поперечного сечения

изменяется незначительно. Приравняем координату z значением средней высоты выбранного сечения z_i . В итоге каждая отдельная область будет иметь вид поля точек на плоскости.

Для полученного поля точек можно определить координаты и построить аппроксимирующую кривую в любой программе обработки данных.

Перейдем к полярным координатам. Для этого сначала определим максимальное и минимальное значение абсциссы и ординаты для поля точек. Разместим полюс полярной системы координат в центр рассматриваемого сечения. Для этого перечислим декартовы координаты каждой точки по формулам

$$\begin{cases} X = x - \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2} \\ Y = y - \frac{y_{\max} + y_{\min}}{2} \end{cases} \quad (5)$$

В полярных координатах используются две — радиус-вектор $\rho = \sqrt{\delta^2 + \delta'^2}$ и полярный угол $\varphi = \arctg y/x$.

Вычислим полярный угол каждой точки и расположим все координаты в порядке его роста. Аппроксимационная кривая, построенная по данным точкам имеет вид искомого пересечения (рис. 7).

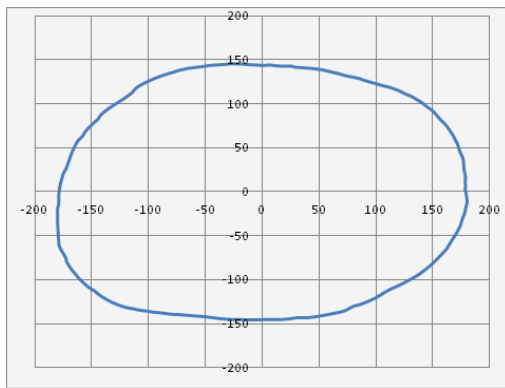


Рис. 7. Аппроксимирующая кривая сечения

Сопоставление кривой с эталонной демонстрирует уровень качества швейного изделия, что может быть использовано для построения автоматизированных систем управления качеством швейных изделий.

Выводы. 1. Проведенные исследования продемонстрировали возможность автоматизации контроля качества швейных изделий с использованием методов трехмерного сканирования.

2. Изучение методов контроля качества швейных изделий показывает, что субъективные

органолептические методы контроля рационально заменят объективными методами трехмерного сканирования. Комплекс координат точек, получаемый при этом, позволяет определять местные и среднеинтегральные показатели качества.

Л и т е р а т у р а

1. Рябчиков Н.Л., Мокшина О.В. Перспективы использования 3D сканирования для определения качества швейных изделий // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — Луганськ. — 2013.— №3 (192), ч. 1. — С.136 - 139.
2. Рябчиков Н.Л., Мокшина О.В., Дейнека І.Г. Повышение качества швейных изделий путем усовершенствования объективности контроля // Якість технологій і освіти. Харків: Українська інженернопедагогічна академія. — 2013. С. 23-29.
3. Frankowski, G., Chen, M., Huth, T.: Real-time 3D Shape Measurement with Digital Stripe Projection by Texas Instruments Micromirror Devices (DMD)Proc. Of SPIE-Vol. 3958(2000), pp. 90 – 106.
4. Frankowski, G., Chen, M., Huth, T.: Optical Measurement of the 3D-Coordinates and the Combustion Chamber Volume of Engine Cylinder HeadsProc. Of "Fringe 2001", pp. 593 – 598.
5. Song Zhang, Peisen Huang: High-resolution, Real-time 3-D Shape Measurement (PhD Dissertation, Stony Brook Univ., 2005).
6. Fofı, David; T. Sliwa, Y. Voisin (January 2004). "A Comparative Survey on Invisible Structured Light". SPIE Electronic Imaging - Machine Vision Applications in Industrial Inspection XII. San Jose, USA. Pp. 90-97.
7. Звонов, А. О. Математическая модель информационно-измерительного комплекса на промышленном предприятии / А. О. Звонов, А. Г. Янишевская // Автоматизация и современные технологии. — Москва, 2012. — № 4. — С. 16—20.
8. Андреева, Е. Г. Визуальный мерчендайзинг швейных изделий / Е. Г. Андреева, А. И. Мартынова, Д. А. Галун // Швейная промышленность. — Москва, 2012. — № 1. — С. 17—20.
9. Пантюхин, О. В. Управление качеством изделий массового производства с применением теории нейронных сетей / О. В. Пантюхин, В. М. Лялин, Н. А. Тарасова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — Тула, 2011. — Вып. 2. Проблемы специального машиностроения. — С. 342—347.
10. Соломахо, Д. В. Нормирование точности измерений при решении задач операционного контроля / Д. В. Соломахо, Б. В. Цитович, С. С. Соколовский // Вестник Ижевского государственного технического университета. — Ижевск, 2011. — № 2 (50). — С. 51—54.
11. Колосова, Е. С. Использование экспертных систем в конструкторско-технологической подготовке производства / Е. С. Колосова, З. Е. Нагорная // Швейная промышленность. — Москва, 2011. — № 4. — С. 38—39.
12. Жбанникова, М. А. Общие концепции и модули программного продукта для снятия размерных признаков особенностей фигуры девушек-подростков в автоматизированном режиме / М. А. Жбанникова, А. Б. Коробова, А. Г. Бурцев // Омский научный вестник. Серия: Приборы, машины и технологии. — Омск, 2011. — № 2 (100). — С. 200—204.

13. Мирошников, В. В. Методика построения байесовой сети для анализа причин дефектов продукции и процессов / В. В. Мирошников, С. В. Ешин // Вестник Брянского государственного технического университета. — Брянск, 2011. — № 2 (30). — С. 93—100.

14. Журавлев, Д. А. Обеспечение точности при создании сложных изделий / Д. А. Журавлев, О. В. Яценко // Вестник Иркутского государственного технического университета. — Иркутск, 2011. — № 5 (52). — С. 29—33.

References

1. Ryabchikov N.L., Mokshina O.V. Perspektivy ispol'zovaniya 3Dskanirovaniya dlya opredeleniya kachestva shvejnyh izdelij // Visnik Shidnoukrayinskogo natsional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalya. — Lugans'k. — 2013. — N 3 (192), ch. 1. — S. 136 — 139.

2. Ryabchikov N.L., Mokshina O.V., Deyneka I.G. Povyshenie kachestva shvejnyh izdelij putem usovershenstvovaniya ob#ektivnosti kontrolya // Yakist' tehnologij i osviti. Harkiv: Ukrayins'ka inzheneropedagogichna akademiya. — 2013. S. 23-29.

3. Frankowski, G., Chen, M., Huth, T. Real-time 3D Shape Measurement with Digital Stripe Projection by Texas Instruments Micromirror Devices (DMD)Proc. Of SPIE-Vol. 3958(2000), pp. 90 – 106.

4. Frankowski, G., Chen, M., Huth, T. Optical Measurement of the 3D-Coordinates and the Combustion Chamber Volume of Engine Cylinder HeadsProc. Of "Fringe 2001", pp. 593 – 598.

5. Song Zhang, Peisen Huang: High-resolution, Real-time 3-D Shape Measurement (PhD Dissertation, Stony Brook Univ., 2005).

6. Fofi, David; T. Sliwa, Y. Voisin (2004). "A Comparative Survey on Invisible Structured Light". SPIE Electronic Imaging - Machine Vision Applications in Industrial Inspection XII. San Jose, USA. Pp. 90-97.

7. Zvonov, A. O. Matematicheskaya model' informacionno-izmeritelnogo kompleksa na promyshlennom predpriyatii / A. O. Zvonov, A. G. Yanishevskaya // Avtomatizaciya i sovremennye tehnologii. — Moskva, 2012. — N 4. — S. 16—20.

8. Andreeva, E. G. Vizual'nyj merchendajzing shvejnyh izdelij / E. G. Andreeva, A. I. Martynova, D. A. Galun // Shvejnaya promyshlennost'. — Moskva, 2012. — № 1. — S. 17—20.

9. Pantjuhin, O. V. Upravlenie kachestvom izdelij massovogo proizvodstva s primeneniem teorii neyronnyh setej / O. V. Pantjuhin, V. M. Lyalin, N. A. Tarasova // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. — Tula, 2011. — Vyp. 2. Problemy special'nogo mashinostroeniya. — S. 342—347.

10. Solomaho, D. V. Normirovanie tochnosti izmerenij pri reshenii zadach operacionnogo kontrolya / D. V. Solomaho, B. V. Citovich, S. S. Sokolovskij // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. — Izhevsk, 2011. — N 2 (50). — S. 51—54.

11. Kolosova, E. S. Ispol'zovanie jekspertnyh sistem v konstruktorsko-tehnologicheskoy podgotovke proizvodstva /

E. S. Kolosova, Z. E. Nagornaya // Shvejnaya promyshlennost'. — Moskva, 2011. — N 4. — S. 38—39.

12. Zhbannikova, M. A. Obshhie koncepcii i moduli programmnogo produkta dlya snyatiya razmernih priznakov osobennostej figury devushek-podrostkov v avtomatizirovannom rezhime / M. A. Zhbannikova, A. B. Korobova, A. G. Burcev // Omskij nauchnyj vestnik. Seriya: Pribory, mashiny i tehnologii. — Omsk, 2011. — N 2 (100). — S. 200—204.

13. Miroshnikov, V. V. Metodika postroeniya bajesovoj seti dlya analiza prichin defektov produkci i processov / V. V. Miroshnikov, S. V. Eshin // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. — Bryansk, 2011. — N 2 (30). — S. 93—100.

14. Zhuravlyov, D. A. Obespechenie tochnosti pri sozdanii slozhnyh izdelij / D. A. Zhuravlyov, O. V. Yacenko // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. — Irkutsk, 2011. — N 5 (52). — S. 29—33.

Mokshina O.V.

IMPROVING QUALITY OF CONTROL OBJECTIVE GARMENTS WITH THREE-DIMENSIONAL SCANNING

The article is devoted to the actual topic for the development of scientific and technical bases to improve the quality of garments based on the introduction of new and improvement of existing methods and measuring instruments and the definition of the quality of products, taking into account possibilities of modern, three-dimensional scanning. Study garments methods of quality control shows, that the subjective sensory testing methods to replace the rational objective methods of three-dimensional scanning. The complex coordinates of the points obtained at the same time, allows you to define local and medium-integrated quality indicators. A comparison of the data with reference demonstrates the level of quality garment that can be used for the construction of automated quality control systems garments.

Key words: quality, three-dimensional scanning, standard, location, automation.

Мокшина Ольга Васильевна – старший преподаватель кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: OlgaMokshina@bigmir.net

Olga V. Mokshina – senior lecture of the «Rail-way transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: OlgaMokshina@bigmir.net

Рецензент: Гутько Ю.И., д.т.н., проф., зав. каф. «Промышленное и художественное литьё», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.01.17

УДК 621.824.6

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ОПОР МНОГОСЛОЙНЫХ ВАЛОВ

Мокшина О.В., Быкадоров В.В., Иванова Е.И.

OPTIMAL LAYOUT OF MULTILAYER SHAFT

Mokshina O.V., Bykadorov V.V., Ivanova E.I.

Статья посвящена теме оптимального расположения опор многослойных валов исходя из критериев минимизации вибраций швейного оборудования, влияющих на качество швейной продукции. Рассмотрены собственные частоты многослойного вала в зависимости от расположения опор, которые можно рекомендовать при конструировании этих валов.

Ключевые слова: *вибрация, многослойный вал, опора, оптимизация, собственная частота.*

Введение. Нерешенными и весьма актуальными вопросами являются задачи снижения вибраций на уровне эксплуатации, путем выбора правильных режимов наладки оборудования. Одним из ведущих источников вибрации в швейном оборудовании являются валы. Несмотря на достаточную разработанность методов расчета валов, в том числе их вибрационных характеристик, современные схемы машин в литературе почти не рассматривались, методы их расчетов разработаны недостаточно.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из приоритетных направлений развития швейного машиностроения является повышение производительности труда на основе объединения операций и перехода на структурную многофункциональность. Принимая во внимание достаточно строгие требования к компоновке многих механизмов часто в корпусе ограниченного размера валы располагаются внутри друг друга [1-3]. Принимая во внимание расширение функциональности данного вида оборудования, можно предположить появление многослойных валов, расположенных вдоль одной оси. Машина с многослойным валом представлена на (рис.1). При этом возникает проблема оптимального расположения опор таких валов и формирования принципов оптимизации для проектирования. Традиционно валы проектируются из принципов прочности, жесткости и виброустойчивости [2-4]. Для многослойных валов практически отсутствуют рекомендации по определению параметров виброустойчивости.

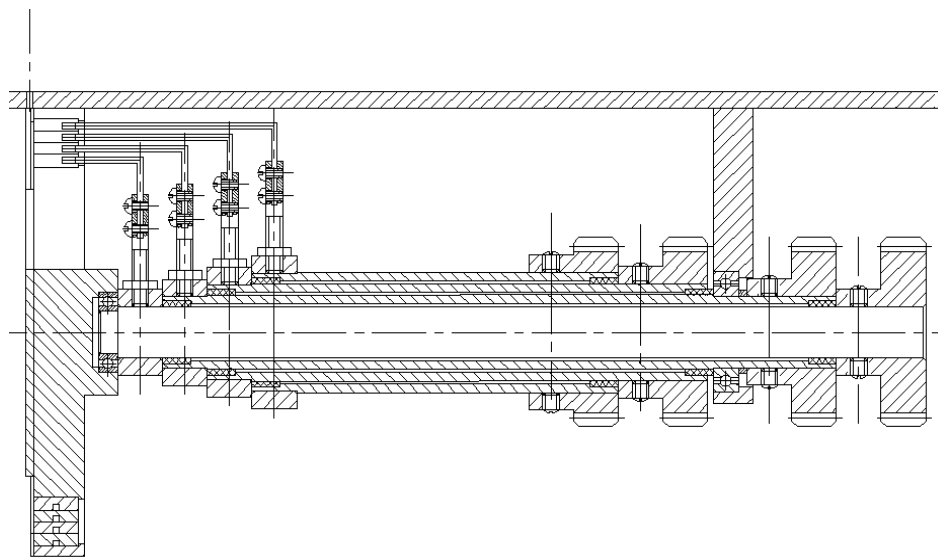


Рис.1. Многослойный вал

Цель исследования. Решение задачи оптимального расположения опор многослойных валов исходя из критерия минимизации вибраций.

Материалы и результаты исследования. Учитывая, что каждый элемент имеет свою массу, расчетная схема многослойного вала может быть представлена в виде схемы (рис.2).

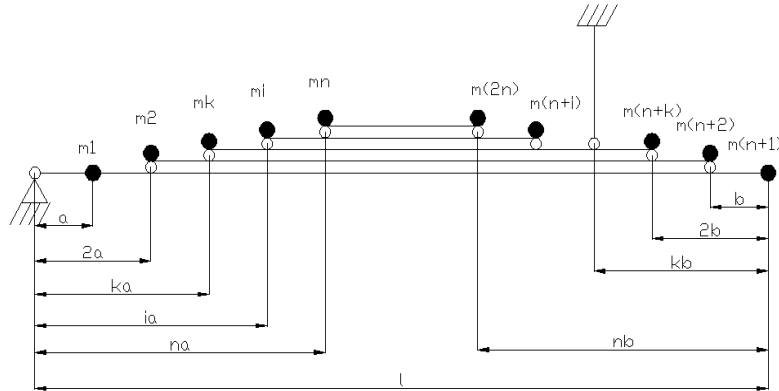


Рис.2. Модель многослойного вала

Левую опору будем считать фиксированной и обозначим ее номером 1, положение второй будем менять и искать ее оптимальное расположение. В первом приближении будем считать все массы одинаковыми, размеры $a = b$, расстояние между последними внутренними массами (с номерами n и $2n$) обозначим через $m \cdot a$, то есть:

$$l = a \cdot (2n + m). \tag{1}$$

Расстояние между опорами найдем, как $a(2n + m - k)$. Будем определять вклад каждой массы в динамические характеристики многослойного вала. Для единичной массы с номером i и значение реакции в опорах будут определяться формулами:

$$R1 = \begin{cases} \frac{n + m - i}{2n + m - k}, & i \leq n \\ -\frac{n + k + 1 - i}{2n + m - k}, & n < i \leq n + k, \\ \frac{i - k - n}{2n + m - k}, & i > n + k \end{cases} \tag{2}$$

$$R2 = \begin{cases} \frac{i}{2n + m - k}, & i \leq n \\ \frac{3n + m}{2n + m - k}, & n < i \leq n + k \\ \frac{3n + m - i}{2n + m - k}, & i > n + k \end{cases}$$

Зная реакцию в левой опоре, нетрудно найти внутренние реакции. Так, для внутреннего вала расчетная схема может выглядеть (рис.3).

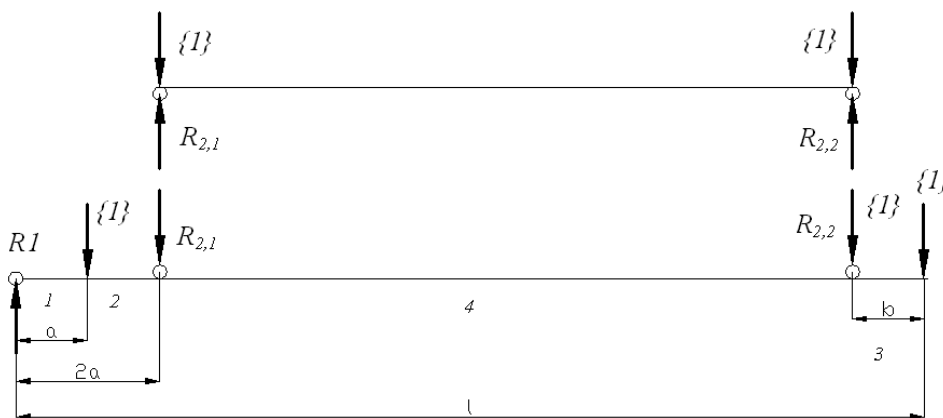


Рис. 3. Схема внутреннего вала

На рисунке символами в фигурных скобках {1} показаны возможные единичные усилия от сосредоточенных масс. Логично выделение на валу четырех участков. Для произвольного вала, таким образом, уже будут признаны реакции, действующие снизу.

Для реакций, действующих сверху, соответственно можно найти выражения:

$$\begin{aligned} R_{i+1,1} &= \frac{R_{i,1}(2n+m-2i) - R_{i,2}}{2n+m-2i-1} + \{1\}, \\ R_{i,2} &= \frac{R_{i,2}(2n+m-2i) - R_{i,1}}{2n+m-2i-1} + \{1\} \end{aligned} \quad (3)$$

Реакции в промежуточных опорах многослойных валов можно найти по рекуррентным формулам, используя значения реакций в предыдущих валах. На промежуточных валах можно выделить четыре участка (рис.4).

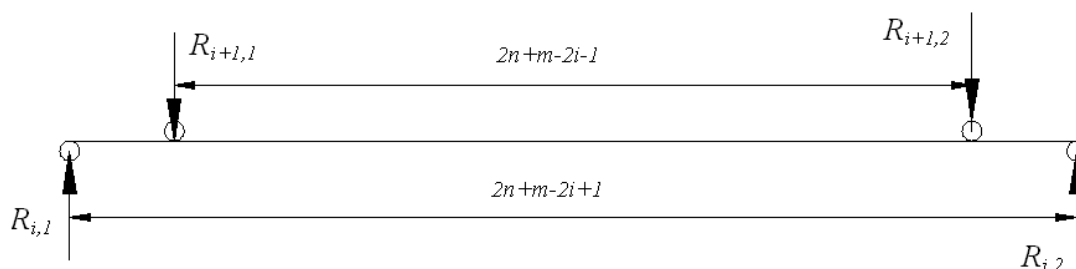


Рис.4. Схема промежуточного вала

Вернемся к внутреннему валу, который имеет наименьшую жесткость и поэтому наиболее благоприятный для внешних усилий. Зная реакции в левой опоре, реакции в опорах, связывающих его со вторым валом, можно найти перемещение какой-либо точки вала от действия силы, приложенной в какой-либо точке. Это перемещение будет состоять от суммы перемещений, определенных для каждой из четырех участков вала.

Будем определять перемещения точки с номером i и от действия массы, приложенной в точке с номером j ($1 \leq i \leq 2n$, $1 \leq j \leq 2n$).

Для первого участка

$$\delta 1_{ij} = \frac{1}{3} R 1_i \cdot R 1_j. \quad (4)$$

Для четвертого участка

$$\delta 4_{ij} = \begin{cases} \frac{4}{3}(2n+m-3) \cdot R 1_i \cdot R 1_j, i \neq 1, i \neq n, j \neq i \\ \frac{1}{3}(2n+m-3) \cdot (2R 1_i - 1) \cdot R 1_j, i = 1, j \neq i, j \neq n \\ \frac{1}{3}(2n+m-3) \cdot (2R 1_i - 1)^2, i = 1, j = 1 \\ \frac{2}{3}(2n+m-3)^2 \cdot \left(\frac{2R 1_i - 1}{2n+m-3} - 1 \right) \cdot R 1_j - (2n+m-3) \cdot R 1_j, \\ i \neq 1, j = n \\ \frac{2}{3}(2n+m-3)^2 \cdot \left(\frac{2R 1_i - 1}{2n+m-3} - 1 \right) \cdot (2R 1_i - 1) - (2n+m-3) \cdot R 1_i, \\ i = 1, j = n \\ \frac{1}{3}(2n+m-3)^3 \cdot \left(\frac{2R 1_i - 1}{2n+m-3} - 1 \right)^2 \cdot R 1_j - (2n+m-3)^2 \left(\frac{2R 1_i - 1}{2n+m-3} - 1 \right) + \\ (2n+m-3), \\ i = n, j = n. \end{cases} \quad (7)$$

Для второго участка

$$\delta 2_{ij} = \begin{cases} \frac{7}{3} R 1_i \cdot R 1_j, i \neq 1, j \neq i \\ \frac{7}{3}(R 1_i - 1) \cdot R 1_j + \frac{3}{2} R 1_j, i = 1, j \neq i \\ \frac{7}{3}(R 1_i - 1)^2 + 3 \cdot R 1_i + 1, i = 1, j = 1. \end{cases} \quad (5)$$

Для третьего участка

$$\delta 3_{ij} = \begin{cases} 0, i \neq n + 1 \\ -\frac{1}{3}, i = n + 1, j = i. \end{cases} \quad (6)$$

Суммарное перемещение точки с номером и от единичной нагрузки, приложенной в точке с номером j:

$$\delta_{ij} = \delta 1_{ij} + \delta 2_{ij} + \delta 3_{ij} + \delta 4_{ij}. \quad (8)$$

Для единичных параметров жесткости и массы собственные частоты могут быть найдены путем решения определителя:

$$\begin{vmatrix} \delta_{11}\omega^2 - 1 & \delta_{12}\omega^2 & \dots & \delta_{1,2n}\omega^2 \\ \delta_{21}\omega^2 & \delta_{22}\omega^2 - 1 & \dots & \delta_{2,2n}\omega^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{2n,1}\omega^2 & \delta_{2n,2}\omega^2 & \dots & \delta_{2n,2n}\omega^2 - 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (9)$$

Для многослойных валов с числом слоев более двух подобная задача достаточно сложная. Воспользуемся методом Ритца для приблизительного определения собственных частот колебания внутреннего вала:

$$\omega^2 = g \frac{\sum \delta \cdot m}{\sum \delta^2 \cdot m}. \quad (10)$$

С точностью до ускорения собственного падения:

$$\varpi = \frac{\sum \delta}{\sum \delta^2}. \quad (11)$$

Проведенные расчеты для вала с четырьмя слоями показали следующие результаты:

Таблица 1

Удельные значения собственных частот многослойных валов

	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6
k=1	0,717983	0,613107	0,53	0,463789	0,41
k=2	0,721665	0,616604	0,53301	0,465296	0,411704
k=3	0,723602	0,615467	0,53376	0,466798	0,413038
k=4	0,721665	0,618951	0,53376	0,468828	0,414126
k=5	0,719792	0,615467	0,535257	0,466798	0,414126
k=6	0,705337	0,607454	0,528488	0,465725	0,413401
k=7	0,669627	0,585235	0,520577	0,461736	0,411339

На (рис.5) показаны зависимости собственных частот многослойного вала в зависимости от расположения второй опоры. Таблица и графики демонстрируют достаточно ярко выраженный максимум собственных частот, который можно рекомендовать при конструировании многослойного вала.

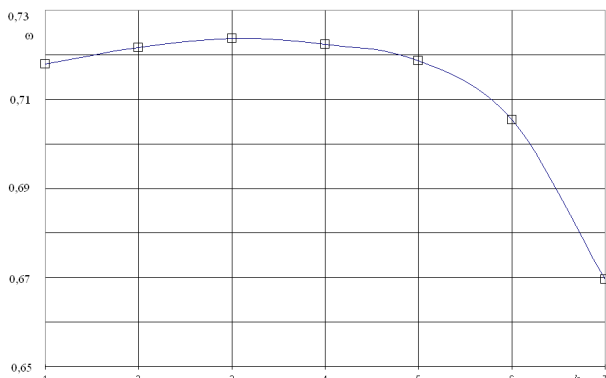


Рис.5. Зависимость собственной частоты от расположения опоры

Выводы. В качестве критерия оптимизации многослойного вала обосновали собственную частоту его колебаний, в качестве параметра, что подлежит оптимизации, - расположения опор.

Доказано, что существующее расположение опор, определяет максимум собственных частот колебаний, определяющий рекомендации для его конструирования.

Л и т е р а т у р а

1. Франц В.Я. Оборудование швейного производства. – М.: Издательский центр «Академия». – 2002. – 448 с.
2. Рябчиков М. Динаміка перехідних процесів та оптимізація рідинаповнених барабанів // Машинознавство (Державний університет “Львівська політехніка”). – 1999. - №11. - С.22-24.
3. Рябчиков М.Л., Пашенко А.М. Підвищення навантажувальної здібності зубчастих передач методами гідродинамічного регулювання несучими валами // Вестник национального технического университета “ХПИ”. - Харьков: НТУ “ХПИ”. - 2004. - № 44 - С.56-61.
4. Мокшина О.В., Изотова К.О. Варіація параметрів якості в залежності від рівня вібрацій швейного обладнання // Восточноєвропейський журнал передових технологій. – 2011. -№ 1/4. – С. 43-45.

References

1. Franc V.Y. Oborudovanie shvejnego proizvodstva. — М.: Izdatel'skij centr «Akademija». — 2002. — 448s.
2. Rjabchikov M. Dynamika perehidnyh procesiv ta optymizacija ridynonapovnenyh barabaniv // Mashynoznavstvo (Derzhavnyj universytet “L'viv's'ka politehnika”). — 1999. — №11. — S.22-24.

3. Rjabchikov M.L., Pashhenko A.M. Pidvyshhennja navantazhuval'noї zdibnosti zubchastyh peredach metodami gidrodinamichnogo reguljuvannja nesuchymy valami // Vestnik nacional'nogo tehničeskogo universiteta "HPI". Har'kov: NTU "HPI". — 2004. — № 44 — S.56-61.

4. Mokshina O.V., Izotova K.O. Variacija parametriv jakosti v zalezhnosti vid rivnja vibracij shvejnogo obladnannja // Vostochnoevropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. — 2011. — № 1/4. — S. 43-45.

Mokshina O.V., Bykadorov V.V., Ivanova E.I.
OPTIMAL LAYOUT OF MULTILAYER SHAFT

The article is devoted to the topic of optimal multilayer arrangement shaft bearings according to the criterion of minimizing the sewing equipment vibration, affecting the quality of garment products. We consider the natural frequencies of the multi-layer shaft, depending on the location of the poles, which can be recommended for the design of these shafts.

Key words: vibration, multi-shaft support, optimization, and natural frequency.

Мокшина Ольга Васильевна – старший преподаватель кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: OlgaMokshina@bigmir.net

Olga V. Mokshina – senior lecture of the «Rail-way transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: OlgaMokshina@bigmir.net

Быкадоров Вадим Викторович – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: bykadorov19.09@mail.ru

Vadim V. Bykadorov - candidate. tehn. Sciences, Assoc., Head of «Rail transport», Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University

E-mail: bykadorov19.09@mail.ru

Иванова Елена Ивановна – ассистент кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: eleandra1@mail.ru

Elena I. Ivanova - assistant of «Rail transport», Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: eleandra1@mail.ru

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., зав. каф. «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.01.2017

УДК 629.4+534.1

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЕСА И РЕЛЬСА

Носко Г.С., Быкадоров В.В., Турманова Н.И., Иванова Е.И.

ABOUT FEATURES OF CONTACT INTERACTION OF THE WHEEL AND RAIL

Nosko G.S., Bykadorov V.V., Turmanova N.I., Ivanova E.I.

В статье представлена схема взаимодействия колеса и рельса для линейной модели их контакта и установлены факторы, влияющие на различные функциональные показатели тягового подвижного состава в его движении с поездом. Последний рассмотрен как замкнутая система, заключенная в определенных границах, в виде колес ведомых и движущих.

Ключевые слова: колесо, рельс, трение, область контакта, скольжение, сцепление.

Введение. Задача исследования некоторых сторон контактного взаимодействия колеса с рельсом достаточно сложна из-за случайности факторов, присущих их появлению в рассматриваемой задаче. Поэтому современный уровень познания данной проблемы далеко не исчерпывающий и нуждается в своем развитии, особенно в той его части, которая касается анализа этого явления в виде контакта двух тел, находящихся под действием внешних сил, обусловленных особенностями механизма распространения энергии в области контакта. В некоторой мере эта задача рассмотрена в [1].

Известно, что в рабочем состоянии контактное взаимодействие колеса с рельсом происходит перекачиванием, которому свойственны все виды трения: покоя, скольжения и собственно процесса качения, причем последний включен в механизм общего качения. При этом процесс скольжения признан здесь ведущим, так как главная его составляющая – потери от проскальзывания – снижает эксплуатационные показатели локомотива [2]. Между тем существенно то, что контакт колеса с рельсом осуществляется площадкой, образованной сжатием их поверхностей, имеющих несогласованную форму в начальной стадии их соприкосновения с последующим согласованием в конечной стадии. Причем во многих исследованиях данная площадка рассматривается как область с локальными зонами: сцепления и скольжения, рис. 1

[2, 4, 7]. И в таком случае считается, что предельные значения сил сцепления в контакте $F_{\bar{n}\bar{o}}$ соответствуют выражению:

$$F_{\bar{n}\bar{o}} = F_{\bar{i}} + F_{\bar{n}}, \quad (1)$$

где $F_{\bar{i}}$ - сила сцепления на участке зоны сцепления; $F_{\bar{n}}$ - сила сцепления на участке в зоне скольжения в пределах локальных поверхностей \bar{o} , \bar{o}' .

Вместе с тем размеры указанных зон связаны с коэффициентами их трения скольжения μ согласно закона Амонтона:

$$\frac{|q(x, y)|}{p(x, y)} = \frac{|G|}{P} = \mu, \quad (2)$$

где q и G - значения сдвигающих (касательных) нагрузок; P , p - нагрузки сдвливающие (нормальные); $q(x, y)$ и $p(x, y)$ - точечные нагрузки, расположенные случайным образом по площадке контакта.

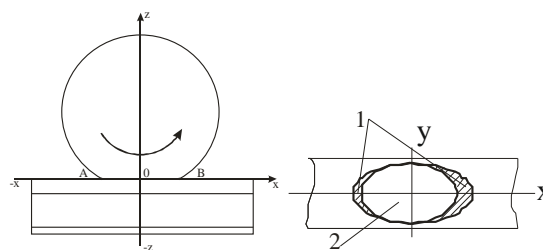


Рис. 1. Схема контакта колеса и рельса
1 – зоны скольжения, 2 – зона качения (сцепления)

При практически одинаковых физических свойствах материалов колеса и рельса величина μ зависит в основном от таких характеристик их поверхностей, как шероховатость, наличие наклепа

и так называемого «третьего тела» (субстанция, содержащая оксиды, пленки, влагу, остатки износа и прочее), заметно нивелирующего влияния шероховатости. То есть в известной мере можно полагать, что «третье тело» - это «хорошая = плохая смазка». И допустимо считать, что в области контакта имеется ситуация с попарно нормальными смещениями u_z , сопровождаемыми с соответствующими нормальными напряжениями σ_z обоих контактеров на границе, а также с касательными напряжениями $\sigma_x = 0$, то есть:

$$u_z = u'_z, \sigma_z = \sigma'_z, \sigma_x = \sigma'_x = 0. \quad (3)$$

Между тем локализация зон сцепления и скольжения требует определения величины скольжения u_x в каждой точке площадки; то есть в соответствии с (2) необходимо знать значения величин $q(x, y)$, $p(x, y)$ и μ . Согласно теории Герца для условий упругого контакта известны соотношения [3]:

$$p(x, y) = P_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2},$$

$$q(x, y) = G_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2}, \quad (4)$$

где $P_0 = \frac{3P}{2\pi(ab)}$ - максимальное давление на площадке в форме эллипса с полуосями a и b ; P - нормальная нагрузка на колесо; $G_0 = \frac{3F_K}{2\pi(ab)}$ - максимальное значение касательной нагрузки, обусловленной касательной силой тяги F_K . Видно, что из (4) следует некоторая вероятность определения величин $p(x, y)$ и $q(x, y)$, чего нельзя сказать о значении величины μ из-за ее зависимости от характеристики всей поверхности области контакта, так как ни локальный участок соприкосновения, ни тем более точечный контакт не содержат в этом случае всей полноты этой характеристики. Тогда величину μ допустимо показать усредненной относительно всей области контакта, а сцепные свойства, распределенные случайным образом со всем спектром возможных смещений u_x , представить обобщенной величиной коэффициента сцепления, где основным фактором, обуславливающим данную локализацию этой зоны, будет соотношение нагрузок нормальной $p(x, y)$ и касательной $q(x, y)$. Тогда будем иметь (в линейной постановке) для зоны сцепления -- $|q(x)| \leq \mu p(x)$, для зоны скольжения -- $|q(x)| = \mu p(x)$.

Считается, что в теории трения качения основной характеристикой является зависимость силы сцепления от скорости относительного проскальзывания [2]. Между тем принимая область контакта как некоторую неоднородность круга катания, рассмотрим ситуацию взаимодействия всех слагаемых в (2) и соотнесем их с соответствующими составляющими формулы основного закона локомотивной тяги:

$$F_e \leq \psi_e 1000 P_{\bar{n}\bar{v}}. \quad (5)$$

При этом аналитические зависимости, сопутствующие данному анализу, будем представлять в конечной форме, так как обычно применяющиеся в этих случаях интегро-дифференциальные уравнения требуют использования в качестве доказательной базы специальных граничных условий их применимости, а эти условия, как правило, во многих ситуациях неадекватны реальным вследствие случайности их появления.

Укажем при этом на некоторые обстоятельства общего характера, применимые к явлениям в области контакта колеса с рельсом, которые должны быть учтены в предположении движения поезда в режиме тяги по горизонтальному прямолинейному пути с равномерной скоростью v (далее ниже по тексту будет рассматриваться только эта ситуация).

Так полагаем, что система - «ведущие колеса локомотива - сцепка вагонов - колеса вагонов, рельс, их связывающий» может быть представлена замкнутым колебательным контуром, заключенным в границах, где локализована его энергия, то есть, по сути, в контактных площадках колес поезда. При этом характерной особенностью движения поезда является цикличность, присущая всем составляющим его компонентам, начиная от энергетической установки локомотива и завершая колесами локомотива и вагонов. Полагаем также, что вход системы представлен ведущими колесами локомотива, а выход - колесами вагонов. В этом случае вращение колеса локомотива задается внешним регулятором с целью соблюдения скоростного режима подвижного состава. Поскольку на границах системы процессы циклические из-за вращения колес, то и другие составляющие системы (поезда) также подвержены циклическим воздействиям. Тогда свободные и вынужденные их колебания могут быть представлены суперпозицией стоячих волн и их мод в соответствии с выражением:

$$p(t) = \sum_1^k A_k \sin k\omega t, \quad (6)$$

где A - амплитуда возмущающего воздействия, например силы, гармоники k , ω - частота круговая.

Вместе с тем с частотой ω_k , определяющей характерное время периода колебания T , могут быть сопоставлены периоды колебаний T_i других составляющих процессов $T_1; T_2; \dots; T_i$, включенных в систему. В случае $T \gg T_1; T_2; \dots; T_i$, последние допустимо считать квазистационарными относительно T . Тогда, применяя метод малых возмущений, например, силу в процессе контактного взаимодействия колеса с рельсом $q(t)$ покажем суммой двух слагаемых: квазистационарного значения \bar{q} и возмущения q' . Таким образом, мгновенное значение $q(t)$ будет равно:

$$q(t) = \bar{q} + q'e^{st}, \quad (7)$$

где \bar{q} – это в основном низкочастотные колебания от взаимодействия подвижного состава и пути; $s = \lambda + j\omega$ – комплексная скорость изменения возмущения q' ; λ – коэффициент затухания; ω – частота круговая.

Другим важным обстоятельством кинематического плана, влияющим на контакт колеса с рельсом, является его реализация на площадке с нагрузкой распределенной согласно (4). Тогда мгновенной осью вращения колеса надо считать не ось колесной пары, расположенную в центре площадки, а линию на входе в область контакта, параллельную оси колесной пары и проходящую через точку входа, так называемую «угловую точку» области контакта при $x = \pm a$. И здесь важны условия на границах площадки. Так, в точке входа, где колесо вклинивается в рельс, то есть в угловой точке, деформация и ее скорость должны быть непрерывны, а касательные напряжения равны нулю. На выходе из области контакта – ситуация иная. При этом в окрестности «угловой точки» реализуется процесс качения с сопутствующим фрикционным взаимодействием, которое не связано с прилипанием и не может быть снижено смазкой. Оно возникает только из-за упругой деформации колеса и рельса в месте их мгновенного контакта, которое перемещается вдоль рельса и круга катания колеса со скоростью движения локомотива [5]. Таким путем непрерывно поддерживается формирование площадки контакта. Вследствие этого данное качество не оказывает практически влияния на силу тяги.

Механика контактного взаимодействия колеса с рельсом в общих чертах известна. Здесь на ведущие колеса локомотива воздействуют внешние силы: нормальная нагрузка P , сила сопротивления поступательному движению подвижного состава – W , момент крутящий, подводимый от энергетической установки посредством тяговой передачи, как правило, через зубчатый редуктор, в

виде импульса момента M_T , свойственного так называемому «толчковому режиму» работы зубчатой пары. Этот процесс сопровождается модуляцией частоты зацепления зубьев пары «шестерня-колесо», что обуславливает появление периодических колебаний в виде суперпозиции двух гармонических колебаний: шестерни ψ_1 и колеса ψ_2 с частотой ω_1 и ω_2 соответственно, и амплитудой – A , то есть, [6]:

$$\psi = \psi_1 + \psi_2, \quad (8)$$

$$\psi_1 = A \cos \omega_1 t, \quad \psi_2 = A \cos \omega_2 t.$$

Тогда

$$\psi_{\ddot{a}\ddot{a}} = A(t) \cos \omega_{cp} t, \quad (9)$$

$$A_{\ddot{a}\ddot{a}} = 2A \cos \omega_{\ddot{a}\ddot{a}} t; \quad \omega_{cp} \equiv \frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2);$$

$$\omega_{\ddot{a}\ddot{a}} \equiv \frac{1}{2}(\omega_1 - \omega_2).$$

Таким образом $\omega_1 = \omega_{\ddot{a}\delta} + \omega_{\ddot{a}\ddot{a}}$,

$$\omega_2 = \omega_{\ddot{a}\delta} - \omega_{\ddot{a}\ddot{a}}.$$

Попутно заметим, что условиям (8) – (9) соответствуют и соотношения между контактными взаимодействиями в области площадок ведущих колес локомотива и колес вагонов. Это обусловлено фундаментальным свойством, присущим замкнутой системе, – она стремится в термодинамическом аспекте к равновесному состоянию. В данном случае механизм синхронизации реализуется посредством фрикционного взаимодействия в связях через скольжение всего спектра возможных смещений u от макси – до субмикро вне зависимости от происхождения, то ли из-за упругих смещений, свойственных субмикросмещениям, то ли из-за относительного проскальзывания, что соответствует макросмещениям u_x . При этом подобным колебаниям должна соответствовать целочисленность и кратность составляющих их частот ω_1 и ω_2 основной частоте из их состава. Без этой кратности периодическое повторение всего процесса ψ в (8) невозможно. В ситуации движения поезда, с оговоренными выше условиями, основной частотой является частота вращения ведущих колес локомотива, что связано с соблюдением требуемого скоростного режима, то есть это ведущее воздействие, а регулируемым процессом является сопротивление движению подвижного состава, т.е. это ведомое следствие процесса ψ в (8).

Полагаем, что ведущему процессу свойственно возбуждение, присущее режиму буксования, а ведомому – юза. Таким образом, даже движению подвижного состава с равномерной скоростью по прямолинейному пути сопутствует (спонтанное) возникновение микроюза и микробуксования с

соответствующими смещениями контактирующих поверхностей. Тогда, если колесо вагона при юзе имеет величину скольжения Δx , то оно приобретает при этом как бы эквивалентное вращение $\Delta\omega_a = \frac{\Delta x}{r}$, где r – радиус колеса по кругу катания. В то же время при пробуксовке ведущего колеса локомотива в плоскости его контакта с рельсом возникает дополнительное касательное напряжение $\Delta\sigma_x$ из-за поверхностной деформации вследствие упругих свойств материалов контактеров, сопровождаемое деформацией $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{G}$, где G – модуль упругости (сдвига). Полагая, что деформация происходит в очень тонких приповерхностных слоях контактеров в их упругих полупространствах, считаем, что $\varepsilon_x \approx u_x$, так как $\varepsilon_x = \frac{\partial u_x}{\partial x}$, где u_x – величина смещения. В таком случае величине u_x сопутствует снижение угловой скорости вращения колеса $\Delta\omega$. Заметим, что величины u_x , как правило, очень малы – это по сути субмикросмещения, распределенные по площадке контакта случайным образом в зависимости от мгновенных контактных нагрузок в точках соприкосновения поверхностей колеса и рельса. Здесь же укажем, что осевые нагрузки и размеры колес локомотивов и вагонов сопоставимы между собой.

Известно, что контурная площадка области контакта колеса с рельсом имеет форму эллипса с соотношением полуосей « a » и « b » в соответствии с теорией Герца, определяемой формулой $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. При этом в начальной стадии проката бандажа форма площадки – почти круговая; в конечной стадии при допустимом его износе – близка к прямоугольной с увеличением полуоси « b », при почти неизменном размере « a ». Это обстоятельство указывает на постоянство хорды, образованной площадкой на круге катания. Тогда прогиб $f = \frac{\delta \ddot{a} \ddot{a} \ddot{a}}{8R}$, а это обуславливает почти одинаковое смещение u_x всех точек контакта.

Между тем контакт колеса с рельсом осуществляется по кругу катания узкой полосой шириной « $2b$ ». И если ее условно развернуть, то вследствие непрерывности процесса, о чем упоминалось выше, она будет иметь вид, показанный на рис. 2. То есть она как бы "квантуется" периодом $T = \frac{X_0}{v} = \frac{2a}{v}$ с частотой $\omega_{ii\ddot{a}}$ из (9), где v – скорость движения подвижного состава.

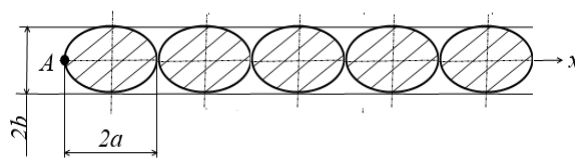


Рис. 2. Схема контактной полосы круга катания колеса

Тогда в окрестности точки «А», то есть на входе колеса в область контактного взаимодействия, вследствие особенности его местной конфигурации и расположения ее на мгновенной оси вращения, относительно которой совершается проворот колесной пары, происходит сложная деформация, сопровождаемая в том числе и реализацией ее пластической составляющей и возможным разрушением или деформированием слоя наклепа. Следовательно, далее по ходу движения контакт колеса и рельса в области площадки проходит уже в упругом полупространстве с вновь сформированной кристаллической структурой приповерхностных слоев контактеров, где особенности взаимодействия проявляются в очень тонком приповерхностном слое. При этом полагают, что в зоне сцепления качению колеса по рельсу соответствует трение покоя. Но из-за колебаний вида биения все же происходят так называемые вынужденные смещения u_x , обусловленные необходимостью обеспечения целочисленности частот, взаимодействующих колебаний, что вызывает изменение интегрального значения коэффициента трения μ , присущего всей площадке. Указанные смещения u_x обусловлены фундаментальным фактом, и их появление не зависит от состояния поверхностей контактов, под которыми подразумевается совокупность геометрических, физических, химических и иных факторов.

Рассмотрим силовое взаимодействие в области контакта колеса с рельсом с позиции определения величины скольжения, что обусловлено с определением динамической составляющей q' в (9) в связи с установлением возвращающей силы и соответствующего ей скольжения. В связи с этим из разнообразия факторов, влияющих на взаимодействие внешних сил в контактном взаимодействии колеса и рельса, выделим определяющие: неровности (погрешности формы) круга катания колеса, влияние шпальной решетки рельсового пути, скорость движения подвижного состава. Причем последний является чисто количественным фактором, не влияющим на физику процесса взаимодействия колеса с рельсом. Здесь взаимодействующие возмущения изменяются в соответствии с известным соотношением, когда

$$P = P_{v_0} + 201g \frac{v}{v_0}, \quad \text{где } P_{v_0} - \text{известный}$$

нормативный уровень нагрузки при v_0 ; v – действующая скорость.

Как уже упоминалось, механизм контактного взаимодействия колеса с рельсом известен. На него влияют контактные нагрузки от внешних сил, особенности характеристик поверхностей катания, главным образом неровности и дефекты формы круга катания колеса, место образования контакта, то есть сама площадка.

В части особенностей, характеризующих поверхности контактов, отметим, что на макроуровне они считаются топографически гладкими, а на микроуровне – негладкие (шероховатые). Это сопровождается соответствующими локальными изменениями контактных нагрузок в точках касания. То есть область контакта рассматривается как поверхность со стохастически распределенными неровностями, состоящими из субмикронеровностей. Но в предельном случае стохастические неровности приобретают признаки квазипериодических неровностей [7].

С целью определения величин некоторых исходных данных, необходимых для вычисления спектральных составляющих в (6), необходимо знать протяженности зон сцепления и скольжения при условии, что в точках входа (А и В рис.1), где материал контактеров втекает в область контакта, деформации и скорости должны быть непрерывны.

Рассмотрим схему силового взаимодействия в области контакта колеса с рельсом в предположении движения поезда по прямому горизонтальному пути с постоянной скоростью. Отличие данной схемы от известных [1, 4] заключается в наличии в ней площадки контакта АВ (рис.1).

На рис. 3 показана схема такого взаимодействия, например, при использовании привода с моторо-осевым подвешиванием тягового электродвигателя (ТЭД).

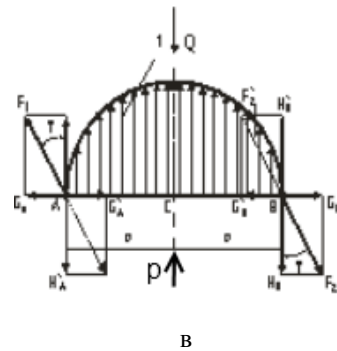
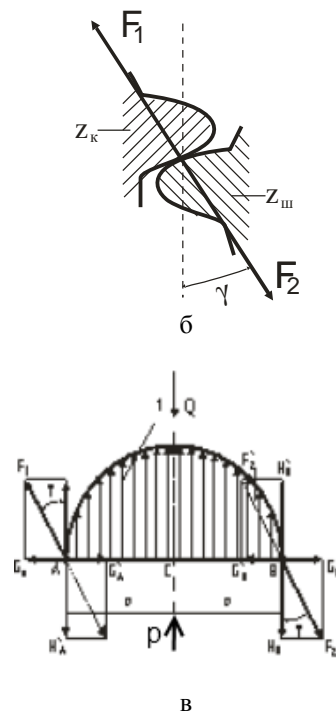
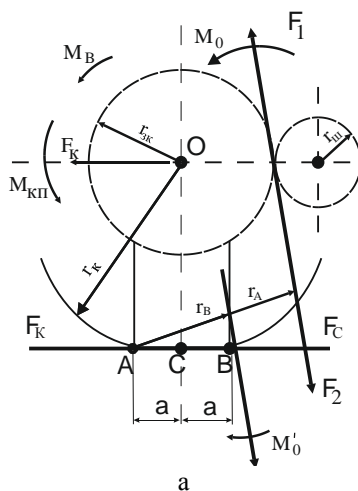


Рис. 3. Схема взаимодействия сил в контакте колеса и рельса:

- а – кинематическая схема; б – взаимодействие сил в контакте зубьев шестерни и зубчатого колеса;
- в – схема приложения сил в зоне контакта

Равнодействующая сил Q и P (рис. 3, в), сжимающих колесо и рельс по нормали, равна нулю, а в направлении рельса по линии контакта сила тяги F_k , образуемая моментом, вращающим колесную пару, уравнивается силой сопротивления движению локомотива - W . Тяговый электродвигатель, создающий $M_{эд} = M_T$, передает его от шестерни, насаженной на валу якоря, зубчатому колесу, закрепленному на оси колесной пары. При этом в точке контакта зубчатого колеса и шестерни действует активная сила F_1 (рис. 3, б), приложенная от шестерни к зубчатому колесу, и реактивная F_2 от зубчатого колеса к шестерни.

В то же время сила F_1 одновременно вращает зубчатое колесо и опрокидывает (создает опрокидывающий момент) колесную пару, относительно «мгновенной» оси вращения, проходящей в данном случае через точку А параллельно оси u .

То есть момент, крутящий от тягового электродвигателя - M_T , реализуется в двух направлениях: на создание силы тяги (вращение зубчатого колеса на оси колесной пары) - $M_{\dot{E}I}$ (рис. 3, а) и на вращение колесной пары относительно мгновенной оси вращения - \dot{I}_i .

В окрестности оси мгновенного соприкосновения колеса и рельса (точки А) вследствие составляющей их упругой деформации

реализуется процесс качения с соответствующим трением. Это место перемещается вдоль рельса и обода колеса со скоростью движения подвижного состава.

Рассматривая действия силы $F_{i\delta} = F_1$ на плече r_A , необходимо иметь в виду, что ее реализация возможна только при наличии упора у соответствующей части реактивной составляющей со стороны силы F_2 . Но в условиях тележечного экипажа других упоров, кроме как площадки контакта колеса с рельсом, нет. При этом часть реактивной составляющей силы F_2 , соответствующая силе $F_{i\delta}$, распространяется по структурам тележки (металлоконструкция, структура механизма подвески ТЭД, буксового узла и др.) к контактным площадкам колес других колесных пар тележки, теряя при этом часть энергии на различных неоднородностях пути распространения возмущения. По этой же причине и в рассматриваемый контакт А-В приходят аналогичные возмущения от других колесных пар тележки, создавая реактивный момент в точке В относительно «мгновенной» оси вращения в точке А с соответствующей силовой реакцией от колеса на рельс.

Покажем силу F_1 как

$$F_1 = F_{np} + F_T, \quad (10)$$

где F_T и F_{np} – соответственно силы, осуществляющие вращение зубчатого колеса и проворот оси колесной пары вокруг мгновенной оси вращения.

Выше было отмечено, что от тягового редуктора колесно-моторного блока в область контакта колеса с рельсом энергия распространяется в виде импульса. Тогда вращательный импульс равен [5]:

$$G^x = \theta\omega, \quad (11)$$

где θ – момент инерции вращающейся массы δ на расстоянии r равен

$$\theta = \sum \Delta m r^2, \quad (12)$$

ω – угловая скорость.

Вращающий момент равен

$$M = \frac{dG^*}{dt} = mgl_0 \sin \alpha, \quad \text{где } l_0 \text{ – расстояние между}$$

осью вращения и центром тяжести колесной пары; при малых значениях α $\sin \alpha \approx \alpha$. Тогда для колеса

$$G_k^* = m_k r_k^2 \omega, \quad \text{а для условий проворота}$$

$$G_{np}^* = \frac{\omega}{r_{np}} m_{kn}. \quad \text{То есть общий вращательный}$$

импульс распределяется пропорционально размерам соответствующих радиусов.

В этом же соотношении будут распределены и силы в (10), с учетом вращающихся масс колес и колесной пары при равенстве времени dt .

Между тем распространение возмущения от $F_{i\delta}$ в область контакта и реактивной ее составляющей в области контакта других колесных пар экипажа происходит практически со скоростью звука в «толчковом» режиме, характерном для контакта зубчатых зацеплений, который не полностью упругий, т.к. содержит и пластическую составляющую деформации зубьев. Поэтому здесь необходимо применять соотношение контактных нагрузок в межзубчатом зацеплении в виде импульсов. Тогда импульсы силы $F_{i\delta}$ в точки «А» и «В» области контакта колеса и рельса равны:

$$G_A = F_{np} \Delta l_A; \quad G_B = F_{np} \Delta l_B \\ F_{npA} = F_{np} \cdot \Delta t_A, \quad F_{npB} = F_{np} \cdot \Delta t_B,$$

где $\Delta t_A = \frac{L_A}{c}$ и $\Delta t_B = \frac{L_B}{c}$ – время прохождения

импульсов; L_A и L_B – длина распространения импульсов от полюса зацепления зубчатой пары тягового привода до точки «А» и до точек контакта колес с рельсами других колесных пар экипажа; c – продольная скорость звука.

С учетом потерь по пути прохождения импульсов в точки А и В силы здесь равны $F'_{npA} = F_{np} (1 - \eta L_A)$ и $F'_{npB} = F_{np} (1 - \eta L_B)$, где η – погонный коэффициент потерь.

Силы F'_{npA} и F'_{npB} разложим на составляющие нормальную p_i и касательную g_i в соответствии, рис. 3, в $p_i = F_1^k \cos \gamma$ и $q_i = F_{li}' \sin \gamma$, $N_i = F_{inn}' \cos \gamma$ и $G_i = F_{inn}' \sin \gamma$.

При этом изменения $p_i(x)$ и $g_i(x)$ равны

$$p_i(x) = p_i \frac{x}{a_0} \quad \text{и} \quad g_i(x) = \pm g_i \frac{x}{a_0}; \quad a_0 = \frac{2p_B}{p_A + p_B} a.$$

То есть ось моментов сил p_A и p_B сдвинута от центра площадки в сторону большей из них.

Составляющая от нормальной нагрузки p в каждой точке площадки контакта может быть показана в виде распределения давления по Герцу (4).

Ограничиваясь рассмотрением линейной задачи (при весьма малом «у»), выражение (4) будет иметь вид для сил сжатия и сдвига соответственно

$$p = p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2}, \quad q = q_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2}, \quad \text{где } p_0 -$$

давление в центре площадки, равное $p_0 = \frac{3P}{2\pi(ab)}$.

P – сила сжимающая, q_0 – касательная сила в центре площадки, равная $q_0 = \frac{3F_T}{2\pi(ab)}$.

Динамическую составляющую p' в (7) как для нормальной нагрузки p , так и для касательной силы q , покажем в виде

$$p'(t) = p_0 \sum_k \delta_i \omega_k^2 \cos k\omega t, \quad (11)$$

где δ_i – амплитуда k -ой гармоники величины погрешностей (неровностей) колеса и зубчатого зацепления; $\omega_k = 2\pi f_0$; $f_0 = \frac{v}{\pi D_k}$; $t = \frac{l_{nl}}{v}$;

l_{nl} – протяженность площадки контакта; v – скорость локомотива; D_k – диаметр колеса по кругу катания.

Координаты «х» границ зон "качения" – "сцепления" – "скольжения" определим по точкам пересечения линий уравнений, отражающих работу сил сдвига и сжатия раздельно со стороны точек «А» и «В» продольной оси площадки контакта, считая, что в точках пересечения линий работы равны.

Тогда со стороны А работа сил сжатия определится по формуле:

$$A_{1a} = \alpha(1 - \mu_n) p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2} + \alpha(1 - \mu_n) p_a \frac{x}{a_0}. \quad (12)$$

А сил сдвига – по формуле:

$$A_{2a} = \beta(1 - \mu_c) \left[q_i - \frac{q_a x}{a_0} \right]. \quad (13)$$

Аналогично со стороны В:

$$A_{1b} = \alpha(1 - \mu_n) p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2} + \alpha(1 - \mu_n) N_b \frac{x}{2a - a_0}, \quad (14)$$

$$A_{2b} = \beta(1 - \mu_c) \left[F'_T + \frac{G_b x}{a_0} \right]. \quad (15)$$

Здесь α и β – коэффициенты сжатия и сдвига, мм²/Н, [6]; для стали $\alpha=0,3$, $\beta=12$; μ_n , μ_c –

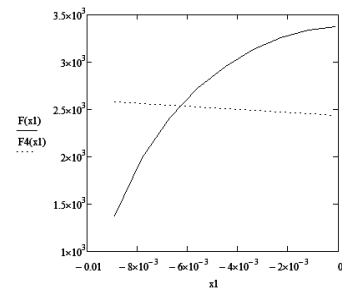
коэффициенты трения покоя и скольжения соответственно. Тогда:

$$p_a = \frac{3}{2} \frac{p_i}{g} \omega^2 \cos \gamma; \quad q_a = \frac{3}{2} \frac{q_i}{g} \sin \gamma;$$

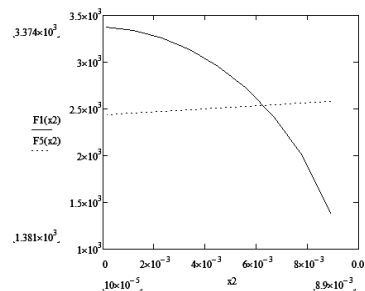
$$p_b = \frac{3}{2} \frac{p_i}{g} \omega_{\xi\xi}^2 \cos \gamma; \quad q_b = \frac{3}{2} \frac{q_i}{g} \sin \gamma.$$

При принятых значениях v , P , $\dot{l}_{\partial Y \bar{A}}$, α , β , μ_0 , μ_c параметров зубчатой передачи находятся координаты «х» со стороны А и В, и таким образом определяются протяженности зон сцепления и скольжения площадки контакта.

Так, например, ориентируясь на известные данные, получим результаты расчета этих зон для условий $v=95$ км/ч, $P=100$ кН, $\dot{l}_{\partial Y \bar{A}}=1350$ Нм, $a=0,009$ м; $b=0,006$; $\mu_n=0,01$; $\mu_c=0,14$; передаточном отношении зубчатой передачи тягового редуктора $i=4,41$, показанные на рис. 4.



а



б

Рис. 4. Результаты расчетов: а – со стороны А; б – со стороны В.

Для данных расчетных условий зона сцепления равна 10,8 мм и зона скольжения – 7,2 мм.

Развернутая по кругу катания часть циклограммы с указанными зонами сцепления и скольжения показана на рис. 5.



Рис. 5. Часть циклограммы с указанными зонами сцепления и скольжения показана

Выводы. Укажем и выделим некоторые особенности механики контакта системы колесо-рельс, необходимые при анализе данного явления:

- схема силового взаимодействия в контакте колеса и рельса должна рассматриваться в состоянии движения поезда, когда система «локомотив-вагоны-рельсы» образует замкнутый колебательный контур, циклические процессы которого являются определяющими, а синхронизация колебаний реализуется фрикционным механизмом через скольжения;
- механизм передачи энергии от внешнего источника на подвижной состав осуществляется через периодические колебания нагрузок;
- часть энергии, подводимой от внешнего источника, расходуется на формирование площадки области контакта путем проворота ведущего колеса относительно мгновенной оси вращения, расположенной на входе в область контакта, сопровождаемого непрерывностью деформации и скорости.

Л и т е р а т у р а

1. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом: - 2-е изд. доп. и перераб. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1999. – 476 с. ISBN 966-590-191-5.
2. Голубенко О.Л., Кошечкина Н.И., Носко Г.С. Особливості механіки контактної взаємодії колеса і рейки у процесі його звукоутворення. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №1(143) 2013.
3. К. Джонсон. Механика контактного взаимодействия. - М.: «Мир», 1989, - 510 с.
4. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теория локомотивной тяги: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.Д. Кузьмича. - М. Издательство «Маршрут», 2005.
5. Р.В. Поль. Механика, акустика и учение о теплоте / Пер. с нем. Под ред. Н.П. Суворова. – М.: Наука, 1971. – 480 с.
6. Волны. Ф. Крауфорд. Перев. с англ., главная редакция физ.-мат. литературы изд-ва «Наука», 1974. – 527 с.
7. ЖДМ 12-2003. Шум качения и методы борьбы с ним/ Т. Klimpel, К. Knothe. Glasers Annalen, 2002, № 10, S. 450 – 457.

R e f e r e n c e s

1. Golubenko A.L. Sceptlenie koleasa s rel'som: - 2-е изд. dop. i pererab. – Lugansk: Izd-vo VUGU, 1999. – 476 s. ISBN 966-590-191-5.
2. Golubenko O.L., Koshechkina N.I., Nosko G.S. Osoblivosti mehaniki kontaktnoi vzaemodii koleasa i rejki u procesi jogo zvukoutvorennja. Visnik shidnoukrains'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja №1(143) 2013.
3. K. Dzhonson. Mehanika kontaktnogo vzaimodejstvija. M.: «Mir», 1989, - 510 s.
4. Kuz'mich V.D., Rudnev B.S., Frenkel' S.Ja. Teorija lokomotivnoj tjagi: Uchebnik dlja vuzov zh.-d. transporta / Pod red. V.D. Kuz'micha. M. Izdatel'stvo «Marshrut», 2005.
5. R.V. Pol'. Mehanika, akustika i uchenie o teplote / Per. s nem. Pod red. N.P. Suvorova. – M.: Nauka, 1971. – 480 s.

6. Volny. F. Krauford. Perv. s angl., glavnaja redakcija fiz.-mat. literatury izd-va «Nauka», 1974. – 527 s.

7. ZhDM 12-2003. Shum kachenija i metody bor'by s nim/ T. Klimpel, K. Knothe. Glasers Annalen, 2002, № 10, S. 450 – 457.

Nosko G.S., Bykadorov V.V., Turmanova N.I., Ivanova E.I.

ABOUT FEATURES OF CONTACT INTERACTION OF THE WHEEL AND RAIL

The scheme of a wheel and rail interaction for linear model of their contact is presented in article, and the factors influencing various functional indicators of the traction rolling stock in its movement with train are established. The last is considered as the closed system concluded in the certain borders, in the form of conducted and moving wheels.

Key words: wheel, rail, friction, area of contact, slippage, clutch.

Носко Геннадий Сергеевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Gennady S. Nosko - candidate. tehn. Sciences, Assoc., the department "railroad transport" FSC GOU VPO "Lugansk National University of Vladimir Dal behalf."

Быкадоров Вадим Викторович – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: bykadorov19.09@mail.ru

Vadim V. Bykadorov - candidate. tehn. Sciences, Assoc., Head of «Rail transport», Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University
E-mail: bykadorov19.09@mail.ru

Турманова Наталья Игоревна – м.н.с. кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: worklux@mail.ru

Nataliia I. Turmanova - Lugansk National University named after Vladimir Dal, Ph.D. Department of Railway Transport.
E-mail: worklux@mail.ru

Иванова Елена Ивановна – ассистент кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: eleandra1@mail.ru

Elena I. Ivanova - assistant of «Rail transport», Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.
E-mail: eleandra1@mail.ru

Рецензент: Старченко В.Н., д.т.н., проф., зав. каф. «Автомобили», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.01.2017

УДК 678.027.94:677

**АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
УГЛЕПЛАСТИКОВОГО СТЕРЖНЯ ПРИ ПРОТЯЖКЕ**

Панфилов А.М., Коструб В.А., Шенкман Г.Л.

**ANALYSIS OF THE STRESSED STATE OF THE CARBON
PLASTIC ROD WHEN BROACHING**

Panfilov A.M., Kostrub V.A., Shenkman G.L.

Рассмотрено напряженное состояние углеродного стержня при протяжке, получены рекомендации по оптимальному проектированию оборудования.

Ключевые слова: композит, углеродный стержень, ролик, протягивающее устройство, напряженное состояние.

Введение. Углерод-углеродные композиционные материалы находят применение в целом ряде специальных изделий, таких как тормозные диски самолетов и автомобилей, теплозащитные покрытия ракетно-космической техники и высокотемпературных плавильных печей, элементы при креплении и протезировании разрушенных костных тканей. Их основой являются стержни, изготовленные на основе углеродных волокон и полимерного связующего.

Анализ последних исследований и публикаций. Качество стержневых изделий из волокнистых полимерных композитов (ВПКМ), полученных методом пултрузии, определяется не только технологическими параметрами их формования и термообработки, но также конструктивными параметрами протягивающего устройства [1, 2, 3].

Цель исследования. Непрерывность процесса изготовления углеродных стержней (УС) обеспечивается протягивающим механизмом, выполненным обычно в виде приводных обрезиненных роликов. Проскальзывание стержня при протяжке, а также чрезмерное его обжатие контактирующими поверхностями роликов ведут к снижению качества УС.

В связи с этим целесообразным является проведение силового анализа процесса изготовления таких стержней с целью оптимизации его конструктивно-технологических параметров и обеспечения качества получаемых стержней.

Материалы и результаты исследования. Рассмотрим напряженное состояние стержня при его протяжке резиновыми роликами и определим параметры узла протягивания УС в пултрузионной

установке, обеспечивающего заданную скорость технологического процесса (рис. 1.)

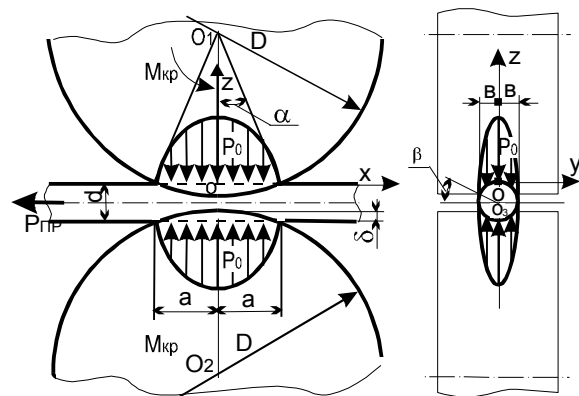


Рис. 1. Расчетная схема протягивания стержня роликами

Межцентровое расстояние между тянущими роликами определяется:

$$O_1O_2 = D + d - 2\delta, \tag{1}$$

где D – диаметр роликов;
 d – диаметр стержня;
 δ – величина вдавливания стержня в резиновый ролик протяжного механизма.

После приложения к стержню сжимающих сил, необходимых для создания усилия протягивания стержня РПР, первоначальное точечное касание переходит в контакт по некоторой площадке, которая в плане имеет эллиптический контур с полуосями:

$$a = \left(\frac{D}{2} - \delta \right) \operatorname{tg} \alpha; \quad \%_0 = \frac{d}{2} \cos \beta, \tag{2}$$

где $\alpha = \arccos \frac{D - 2\delta}{D}$; $\beta = \arcsin \frac{d - 2\delta}{d}$.

Для анализа напряженного состояния примем следующие допущения:

- величина радиального сближения стержня и ролика происходит за счет только деформации ролика, так как модули упругости материала стержня и ролика $E_{ZCT} \gg E_{ZP}$;

- давление P в произвольной точке эллипса контакта с координатами X_1 ; Y_1 пропорционально ординате Z_1 , описываемого уравнением

$$\left(\frac{X_1}{a}\right)^2 + \left(\frac{Y_1}{b}\right)^2 + \left(\frac{Z_1}{c}\right)^2 = 1, \quad (3)$$

которое может быть выражено следующим образом:

$$p = p_0 \frac{Z_1}{c} = p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{X_1}{a}\right)^2 - \left(\frac{Y_1}{b}\right)^2}, \quad (4)$$

где p_0 – давление в центре эллипса.

Отсюда следует, что распределение давления p на площади эллипса в плане $F = \pi ab$ вполне определяется двумя полуосями – a , b и не зависит от третьей полуоси c , определяющей только форму эллипсоида давления.

Нагрузка P связана с величиной максимального давления p_0 соотношением:

$$P = \int_F \delta dF = \frac{\delta_0}{c} \int_F Z dF, \quad (5)$$

где $\int_F Z dF = \frac{2}{3} \pi ab c$ – объем эллипсоида давления.

Тогда $p = \frac{2}{3} p_0 \frac{z}{c}$ и $p_0 = \frac{3p}{2\pi ab}$, то есть при распределении давления в месте контакта по эллипсоидальному закону наибольшее давление в центре эллипса в 1,5 раза превышает среднее значение на площади контакта.

Рассмотрим напряженное состояние стержня в месте контакта. Для чего эллипсоид давления, расположенный на цилиндрической контактной поверхности стержня и ролика, приведем к плоскости XY без изменения действующих значений давления в каждой точке (рис. 2).

Перейдем от декартовых координат к полярным и заменим $x = r \sin \varphi$; $y = r \cos \varphi$. Тогда уравнение (4) принимает вид:

$$p = p_0 \sqrt{1 - r^2 A^2}, \quad (6)$$

где $A^2 = \frac{\sin^2 \varphi}{a^2} + \frac{\cos^2 \varphi}{b^2}$.

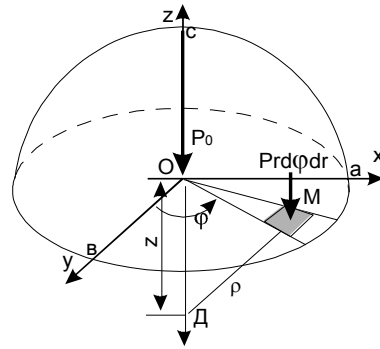


Рис. 2. Эллипсоид давления

Уравнение контурного эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ в полярной системе координат имеет вид $r_0^2 A^2 = 1$, где r_0 – полярный радиус r на контуре площадки контакта.

Сила давления, действующая на элементарной площадке $rdrd\varphi$, определится как:

$$dp = p_0 \sqrt{1 - r^2 A^2} r dr d\varphi. \quad (7)$$

Наиболее важным является напряженное состояние в точках соприкасающихся тел, лежащих по оси $O_1 O_3$, где эллипсоид давления имеет экстремальное значение и появляются максимальные нормальные и касательные напряжения.

Напряжения, возникающие в некоторой точке D , лежащей на центральной оси эллипсоида давлений, под действием силы $P=1$, приложенной в произвольной точке M площади контакта, выражаются следующими формулами [4]:

$$\begin{aligned} \text{аксиальное } \sigma_z^f &= -\frac{3z^3}{2\pi\rho^5}; \\ \text{радиальное } \sigma_r^f &= \frac{1}{2\pi} \left[\frac{1-2\mu}{\rho(\rho+z)} - \frac{3zr^2}{\rho^5} \right]; \\ \text{окружное } \sigma_t^f &= \frac{1-2\mu}{2\pi} \left[\frac{z}{\rho^3} - \frac{1}{\rho(\rho+z)} \right]; \end{aligned} \quad (8)$$

касательные напряжения

$$\begin{aligned} \tau_{rz}^f &= \tau_{zr}^f = -\frac{3rz^2}{2\pi\rho^5}; \\ \tau_{tz}^f &= \tau_{zt}^f = 0; \quad \tau_{tr}^f = \tau_{rt}^f = 0. \end{aligned}$$

В этих формулах $\rho = \sqrt{r^2 + z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, а μ – коэффициент Пуассона деформируемого тела – резины.

Перейдем от напряжений в радиальном и окружном сечениях к напряжениям на площадках, параллельных координатным плоскостям. Для этого используем формулы преобразования компонентов напряженного состояния при изменении координатных осей [5]. Тогда для напряжений в плоскостях, параллельных координатным и проходящим через рассматриваемую точку Д, расположенную на оси z, получим:

-нормальные напряжения:

$$\begin{aligned} \sigma_x^* &= \sigma_r' \sin^2 \varphi + \sigma_t' \cos^2 \varphi; \\ \sigma_y^* &= \sigma_r' \cos^2 \varphi + \sigma_t' \sin^2 \varphi; \\ \sigma_z^* &= \sigma_r'; \end{aligned} \quad (9)$$

-касательные напряжения:

$$\begin{aligned} \tau_{xy}^* &= \tau_{yx}^* = \frac{1}{2}(\sigma_t' - \sigma_r') \sin 2\varphi; \\ \tau_{yz}^* &= \tau_{zy}^* = \tau_{tz}' \cos \varphi; \\ \tau_{zx}^* &= \tau_{xz}^* = \tau_{rz}' \sin \varphi. \end{aligned} \quad (10)$$

Выразим напряжения в точке Д, обусловленные не сосредоточенной силой P=1, а всей совокупностью элементарных сил, распределенных по площадке контакта по закону полуэллипсоида. Тогда нормальные напряжения, исходя из (9) и (6), равны

$$\sigma_z = \int_0^{2\pi r_0} \int_0^0 \sigma_z' P_0 \sqrt{1-r^2 A^2} r dr d\varphi. \quad (11)$$

Так как подынтегральное выражение представляет функцию от sin2φ и cos2φ, то интегрирование достаточно выполнить по четверти эллипса:

$$\sigma_z = 4 \int_0^{\pi/2 r_0} \int_0^0 \sigma_z' P_0 \sqrt{1-r^2 A^2} r dr d\varphi. \quad (12)$$

Подставляя в полученное выражение (12) значение σ_z' из (8), получим:

$$\sigma_z = \frac{6}{\pi} P_0 z^3 \int_0^{\pi/2} d\varphi \int_0^{r_0} \frac{\sqrt{1-r^2 A^2}}{\sqrt{(r^2+z^2)^5}} r dr. \quad (13)$$

После вычисления интегралов и ряда преобразований выражение принимает вид:

$$\sigma_z = -P_0 \frac{ab}{\sqrt{a^2+z^2} \sqrt{b^2+z^2}}. \quad (14)$$

Выражение для напряжений σ_x – нормальных напряжений на площадке, перпендикулярной к

большой оси эллипса (оси x), можно представить в следующем виде [43]:

$$\begin{aligned} \sigma_x = -P_0 \frac{ab}{a^2+b^2} & \left\{ 1 - \sqrt{\frac{b^2+z^2}{a^2+z^2}} + 2 \frac{z}{a} (L-K) - \right. \\ & \left. - 2\mu \left[1 - \frac{a^2}{b^2} \sqrt{\frac{b^2+z^2}{a^2+z^2}} + \frac{z}{a} \left(\frac{a^2}{b^2} L - K \right) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (15)$$

Эллиптические интегралы первого рода K(e; ψ) и второго рода L(e; ψ) определяются как:

$$\begin{aligned} K(e; \psi) &= \int_0^\psi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}, \\ L(e; \psi) &= \int_0^\psi \sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi} d\varphi, \end{aligned} \quad (16)$$

где параметр $\psi = \arctg \frac{z}{a}$; $e^2 = 1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2$ – квадрат эксцентриситета контурного эллипса площадки контакта.

Аналогично σ_x вычисляются напряжения σ_y – нормальные напряжения на площадке, перпендикулярной к малой оси эллипса (оси y) [6]:

$$\begin{aligned} \sigma_y = -P_0 \frac{ab}{a^2+b^2} & \times \\ & \left\{ -1 + \frac{a^2 b^2 + z^2 (2a^2 - b^2)}{b^2 \sqrt{a^2+z^2} \sqrt{b^2+z^2}} - 2 \frac{z}{a} \left(\frac{a^2}{b^2} L - K \right) + \right. \\ & \left. + 2\mu \left[1 - \sqrt{\frac{b^2+z^2}{a^2+z^2}} + \frac{z}{a} (L-K) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (17)$$

Касательные напряжения τ_{xy} = τ_{yx}; τ_{yz} = τ_{zy}; τ_{zx} = τ_{xz}, согласно формулам (10) и (7) и принципу сложения действия сил получим в виде:

$$\tau_{xy} = \int_0^{2\pi r_0} \int_0^0 \frac{1}{2} (\sigma_r' - \sigma_t') \sin 2\varphi P_0 \sqrt{1-r^2 A^2} r dr d\varphi; \quad (18)$$

$$\tau_{yz} = \int_0^{2\pi r_0} \int_0^0 \tau_{tz}' \cos \varphi P_0 \sqrt{1-r^2 A^2} r dr d\varphi; \quad (19)$$

$$\tau_{zx} = \int_0^{2\pi r_0} \int_0^0 \tau_{rz}' \sin \varphi P_0 \sqrt{1-r^2 A^2} r dr d\varphi, \quad (20)$$

однако при подстановке σ_z', σ_t', τ_{tz}' из выражений (8) получаем:

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}; \quad \tau_{yz} = \tau_{zy}; \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} = 0.$$

Таким образом, для любой точки Д, лежащей на продолжении центральной оси эллипсоида давлений на расстоянии z от площадки контакта, все касательные напряжения на площадках, параллельных координатным осям x , y , z обращаются в нуль и, следовательно, напряжения σ_x ; σ_y ; σ_z являются главными.

Полагая $z=0$ в формулах (14), (15), (17) получим выражения для максимальных напряжений – в центре эллиптической площадки контакта (точка О):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -P_0 \frac{2\mu + b/a}{1 + b/a}; \\ \sigma_y &= -P_0 \frac{1 + 2\mu b/a}{1 + b/a}; \\ \sigma_z &= -P_0 \end{aligned} \right\} . \quad (21)$$

Выражения (21) определяют напряженное состояние в наиболее опасной точке (точка О) стержня в статическом положении, то есть без его перемещения. При протягивании стержня полагаем, что сила протягивания преодолевается силой трения между резиновыми роликами и стержнем, $R_{\text{ПР}} \leq P f'$, где f' – коэффициент трения пары «материал стержня – ролик». Возникающие при этом касательные напряжения пропорциональны нормальным напряжениям на площадках. В наиболее опасной точке стержня возникают следующие напряжения:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -P_0 \frac{2\mu + b/a}{1 + b/a} + \frac{4pf'}{\pi d^2}; \sigma_y = -P_0 \frac{1 + 2\mu b/a}{1 + b/a}; \sigma_z = -P_0; \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} &= P_0 f'; \tau_{xy} = \tau_{yx} = 0; \tau_{zy} = \tau_{yz} = 0. \end{aligned} \right\} . \quad (22)$$

Выводы. Экспериментально определив максимальное значение силы протягивания, предел упругости материала стержня при поперечном сжатии, коэффициент трения материала стержня и ролика, а также задав диаметр стержня и конструктивно выбрав величину его вдавливания в ролик при протяжке, из полученного анализа напряженного состояния определили минимально допустимое значение большей полуоси эллипса контакта, а затем и минимально допустимый диаметр резиновых роликов. Рассчитанный таким образом диаметр резиновых роликов обеспечивает требуемое усилие протяжки стержня без необратимого деформирования его сечения.

Л и т е р а т у р а

1. Kozak, Raymond and Brendan O'Toole. Design of an Experimental Thermoplastic Pultrusion Facility. – 41st International SAMPE Symposium. - 1996. – Vol.: 41. – №: March 24-28. – P. 1678-1687.

2. Фрегер Г.Е., Коструб В.А., Игнатьев Б.Б. Исследование разрушения элементов силового набора из

коаксиально армированных композитов // Конструкции и технология получения изделий из неметаллических материалов. Ч. III / Полимерные композиционные материалы. – М.: 1986. – с. 18-21.

3. Чесноков А.В. Анализ напряженного состояния стержня при протяжке его резиновыми роликами / Обработка материалов / Тематический сборник научных трудов. – Луганск: Вид. – 1999. – с. 66-71.

4. Расчеты на прочность в машиностроении / Понамарев С.Д., Будерман В.Л., Лихарев К.К. и др. Т.2. – М., Mashgiz, 1958. – 975 с.

5. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: Высшая школа, 1988. – 522 с.

R e f e r e n c e s

1. Kozak, Raymond and Brendan O'Toole. Design of an Experimental Thermoplastic Pultrusion Facility. - 41st International SAMPE Symposium. – 1996. – Vol. : 41– № : March 24-28. - P. 1678-1687.

2. Freger G.E., Kostrub V.A., Ignatyev B.B. Investigation of the destruction of elements of the power set from coaxially reinforced composites // Constructions and technology for obtaining the products from nonmetallic materials. Part III / Polymeric composite materials. – М : 1986. – p.18-21.

3. Chesnokov A.V. Analysis of the stressed state of the rod while its broaching by rubber rollers / Material processing / Thematic collection of scientific papers – Lugansk: Publ. – 1999. – p . 66 - 71.

4. Calculations on the strength in mechanical engineering / Ponomarev S.D., Buderman V.L., Likharev K.K. and others. Т.2. – М., Mashgiz, 1958. – 975 p.

5. Bezukhov N.I. Fundamentals of the theory of elasticity, plasticity and creep. – Moscow: High School, 1988. – 522 p.

Panfilov A.M., Kostrub V.A., Shenkman G.L. **ANALYSIS OF THE STRESSED STATE OF THE CARBON PLASTIC ROD WHEN BROACHING**

The stressed state of the carbonic rod during the broaching has been considered, and recommendations for the optimal designing the equipment have been received.

Key words: composite material, carbonic rod, roller, drawing device, stressed state.

Коструб Владимир Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры «Машиноведение», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: vkostrub@mail.ru

Kostrub Vladimir Alekseyevich – candidate of technical Sciences, associate professor of the department "Machinery Science" of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: vkostrub@mail.ru

Панфилов Александр Михайлович – к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Промышленный и городской транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: privoz51a@mail.ru

Panfilov Alexander Mikhailovich – candidate of technical Sciences, associate professor, head of the department

"Industrial and urban transport" of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: privoz51a@mail.ru

Шенкман Геннадий Львович – ст. преподаватель кафедры «Промышленный и городской транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: shenkman40@mail.ru

Shenkman Gennadiy Lvovich – senior lecturer of the department "Industrial and urban transport" . of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: shenkman40@mail.ru

Рецензент: Витренко В.А., д.т.н., проф., зав. каф. «Технология машиностроения», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 27. 02. 2017 г.

УДК 625.282

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В КРИВОЙ ТЕЛЕЖКИ, ИМЕЮЩЕЙ НЕЗАВИСИМО ВРАЩАЮЩИЕСЯ КОЛЕСА

Слащёв В.А., Додонов В.И.

EFFICIENCY OF MOVEMENT THE BOGIE WITH THE INDEPENDENTLY REVOLVED WHEELS IN CURVED SECTION TRACK

Slashev V.A., Dodonov V.I.

Статья посвящена актуальной теме по уменьшению сил поперечного взаимодействия колес железнодорожного экипажа при движении его в рельсовой колее, особенно в криволинейных участках пути. Приведены результаты расчетов эффективности движения в криволинейных участках пути трехосной тележки, имеющей среднюю колесную пару с независимо вращающимися колесами. Эффективность определялась сравнением ее направляющих усилий в одних и тех же условиях движения с тележкой, которая имеет все колесные пары стандартного исполнения. Расчеты выполнялись по общепринятой методике, широко используемой в заводской практике. Эффективность применения независимо вращающихся колес оказалась наивысшей (до 10...15% и более) при движении тележки в кривых малого радиуса. Это положительный факт, поскольку именно там наблюдается наибольшая интенсивность износа гребней колес и боковых граней рельсов.

Ключевые слова: тележка, рельсовый путь, уширение колеи, колесная пара, боковая рамная сила, направляющее усилие, трение скольжения.

Введение. Тележки большинства локомотивов традиционно имеют достаточно жесткую раму, в составе которой работают колесные пары, соединенные с ней продольными и поперечными связями с весьма ограниченными зазорами или совсем без таковых. Особенности такой конструкции ходовой части приводят к тому, что при прохождении криволинейных участков рельсового пути тележка вынуждена совершать в горизонтальной плоскости сложное плоско-параллельное движение: поступательное перемещение вдоль пути и вращательное – вокруг вертикальной оси. Поступательное перемещение реализуется за счет качения колес, а вращательное – за счет направляющего поперечного воздействия на гребни набегающих колес со стороны рельсов. При этом угловой поворот движущейся тележки в нужном направлении неизбежно сопровождается

проскальзыванием колес относительно рельсов в зоне их контакта, что негативно сказывается на направляющих усилиях, уровень которых в значительной степени определяет интенсивность износа гребней колес и боковых граней рельсов.

В традиционных конструкциях колесных пар оба колеса жестко насаживаются на общую ось, в результате чего колесная пара представляет собой единое твердое тело с присущими ему кинематическими свойствами. Если колесную пару выполнить с независимо вращающимися колесами (НВК), то ее кинематические свойства существенно меняются, чем можно воспользоваться для улучшения показателей движения тележки в кривой.

Анализ последних исследований и публикаций. Идея использования в тележках колесных пар с НВК с целью уменьшения отрицательного воздействия на раму тележки момента от сил трения между колесами и рельсами в зоне их контакта уже рассматривалась в работах [1,2], но в них дело ограничилось только анализом изменения этого момента в меньшую сторону и не было доведено до конечного результата, т.е. до оценки изменения при этом направляющих усилий, которые являются доминирующими показателями движения в кривых как фактор безопасности движения, а также износа контактирующих поверхностей колеса и рельса. В данной статье сделана попытка устранить отмеченную недоработку.

Материалы и результаты исследования. Рассмотрим движение трехосной тележки в круговой кривой в классическом представлении ее с соответствующими допущениями и упрощениями [3]. Схема сил трения, действующих на нее со стороны рельсов при угловом повороте, представлена на рис. 1.

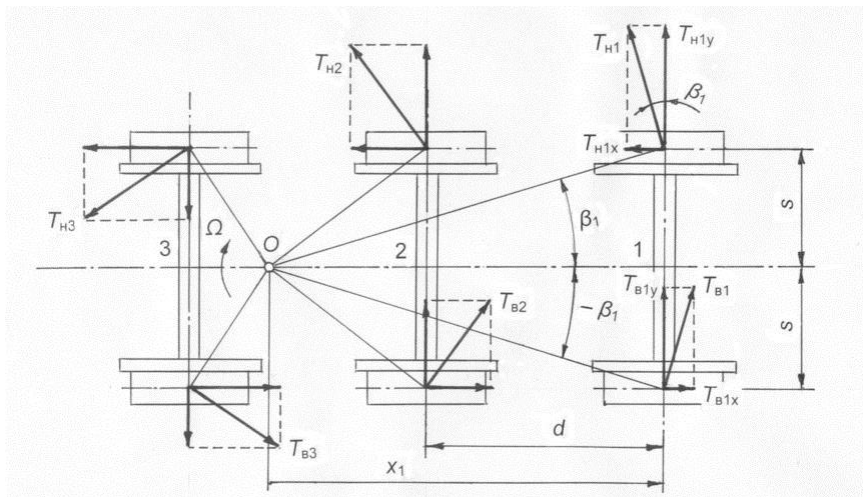


Рис. 1. Силы трения, действующие на тележку при угловом повороте

Точка O , вокруг которой предполагается вращение тележки, называется полюсом, а расстояние x_1 от полюса до первой по ходу колесной пары – полюсным расстоянием, которое является ключевым параметром в расчетах движения в кривых. В принятой постановке задачи положение полюса O определяется точкой пересечения перпендикуляра, опущенного из геометрического центра кривой на продольную осевую линии тележки. Конкретная величина x_1 , кроме геометрических характеристик пути и самой тележки, зависит еще от вида ее установки в кривой при движении, которых можно указать три:

- 1) установка максимального перекоса, когда первая колесная пара набегает на наружный рельс кривой, а последняя – на внутренний (так называемая установка малых скоростей);
- 2) установка по хорде, когда первая и последняя колесные пары одновременно набегает на наружный рельс кривой (так называемая установка высоких скоростей);
- 3) свободная установка, когда лишь первая колесная пара набегает на наружный рельс кривой, а гребни последней колесной пары идут без набегания на какой-либо из рельсов.

Если известны величины радиуса кривой, колесной базы тележки и суммарного зазора между гребнями колес и головками рельсов колесной пары, а также вид установки тележки, то величину x_1 несложно определить из простых геометрических соображений.

При угловом повороте тележки, скажем, по часовой стрелке (см. рис. 1) под каждым колесом возникает сила трения, направленная в сторону, обратную вектору скорости скольжения, и перпендикулярная лучу из полюса O до точки опоры колеса на рельс. Для колеса первой колесной пары, набегającego на наружный рельс, сила трения равна

$$T_{n1} = P_{n1} f ; \tag{1}$$

для колеса, идущего по внутреннему рельсу,

$$T_{v1} = P_{v1} f , \tag{2}$$

где P_{n1} и P_{v1} – вертикальная нагрузка от колеса соответственно на наружный и внутренний рельс кривой; f – коэффициент трения скольжения между колесом и рельсом (обычно принимают $f = 0,25$).

Силу T_{n1} можно разложить на две составляющие: продольную T_{n1}^x и поперечную T_{n1}^y . Из рис. 1 видно, что

$$\begin{aligned} T_{n1}^x &= T_{n1} \sin \beta_1 = P_{n1} f \sin \beta_1 ; \\ T_{n1}^y &= T_{n1} \cos \beta_1 = P_{n1} f \cos \beta_1 , \end{aligned} \tag{3}$$

$$\text{где } \sin \beta_1 = x_1 / \sqrt{x_1^2 + s^2} ; \cos \beta_1 = s / \sqrt{x_1^2 + s^2} ; \tag{4}$$

s – половина расстояния между кругами катания колес.

Аналогичное разложение можно сделать и для силы T_{v1} , равно как и для колес остальных колесных пар.

В балансе сил и моментов, действующих на раму тележки, отмеченные поперечные составляющие сил трения напрямую не участвуют, тогда как продольные составляющие непосредственно передаются через буксовые направляющие, образуя момент сопротивления повороту, равный

$$M_x = \sum_i (T_{ni}^x + T_{vi}^x) s = \sum_i (P_{ni} + P_{vi}) f s \sin \beta_i , \tag{5}$$

где i – индекс колесной пары (порядковый номер по ходу движения тележки).

В принятой модели движения тележки в кривой суммарная вертикальная нагрузка на рельсы от обоих колес одной колесной пары равна приходящейся на нее статической нагрузке $2P_{cti}$, поэтому общий момент от продольных составляющих сил скольжения, приложенный к раме тележки, будет равен

$$M_x = fs \sum_i 2P_{cti} \sin \beta_i \cdot \quad (6)$$

Если в составе тележки будут идти одна или несколько колесных пар с НВК, то они не будут прикладывать к ее раме продольные составляющие сил трения, обнуляя их за счет автономного перекачивания колес. В таком случае в сумме (6) слагаемые с номерами колесных пар, имеющих НВК, полагаются отсутствующими, равными нулю, что неизбежно положительно скажется на боковых рамных силах, т.е. на силах поперечного взаимодействия колесных пар с рамой тележки.

Рассматривая равновесие в горизонтальной плоскости рамы, например, трехосной тележки традиционной конструкции под действием приложенных к ней внешних сил и моментов, можно определить величины боковых рамных сил на каждой из колесных пар. Например, на первой колесной паре боковая рамная сила будет равна

$$Y_{p1} = (M_B + M_x + W_T + W_K(d-t)/2)/2d, \quad (7)$$

где M_B – момент возвращающих сил между кузовом и тележкой; W_T и W_K – непогашенная центробежная сила соответственно от самой рамы тележки и аналогичная сила от кузова, передающаяся на раму тележки через шкворневое устройство.

Направляющее усилие $Y_{н1}$, действующее на гребень набегающего колеса первой колесной пары (рис. 2), является силой, уравнивающей все поперечные воздействия, приложенные к ней

$$\begin{aligned} Y_{н1} &= Y_{p1} + W_{кп1} + (P_{н1} + P_{в1})f \cos \beta_1 = \\ &= Y_{p1} + W_{кп1} + 2P_{ct1}f \cos \beta_1, \end{aligned} \quad (8)$$

где $W_{кп1}$ – непогашенная центробежная сила первой колесной пары.

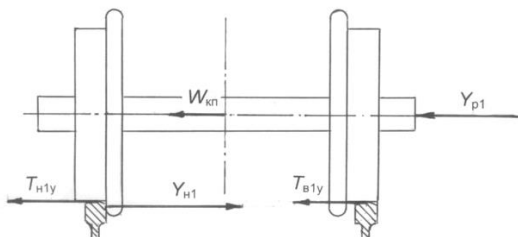


Рис. 2. Поперечные силы, действующие на колесную пару

Эффективность применения НВК в составе тележки можно оценить как относительное снижение, в %, направляющих сил по такой формуле:

$$\mathcal{E} = (1 - Y_{н1}^B / Y_{н1}^B) \cdot 100, \quad (9)$$

где $Y_{н1}^B$ – направляющее усилие, приложенное к первой оси тележки со стандартными колесными парами, используемой в качестве базы для сравнения.

Результаты выполненных сравнительных расчетов применительно к тележкам тепловозов серии 2ТЭ10Л и 2ТЭ116 при наличии там средних колесных пар с НВК представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Снижение направляющих усилий, в %, при наличии в тележке средней оси с НВК

Суммарный зазор между гребнями колес и головками рельсов	Полное расстояние, м	Возвышение наружного рельса	
		$h = 70$ мм	$h = 150$ мм
Установка максимального перекося; интервал скоростей движения 10-40 км/ч			
Кривая радиусом $R = 300$ м			
а) уширения колеи нет			
Номинальный 14 мм	3,10 2,99	10,2...8,5 10,3...8,8	13,5...10,8 13,2...10,8
Минимальный 9 мм	2,74 2,58	12,6...10,6 13,3...11,3	16,8...13,4 17,1...14,0
Максимальный 39 мм	4,89 5,01	4,6...3,8 4,8...4,1	6,2...4,9 6,5...5,4
а) уширение колеи 15 мм			
Номинальный 29 мм	4,17 4,20	5,7...4,8 5,9...5,0	7,5...6,0 7,6...6,2
Минимальный 24 мм	3,81 3,80	6,7...5,7 6,7...5,7	8,9...7,1 8,6...7,0
Максимальный 54 мм	5,96 6,23	3,6...3,0 3,8...3,1	5,0...3,9 5,1...4,0
Кривая радиусом $R = 600$ м			
а) уширения колеи нет			
Номинальный 14 мм	4,10 4,12	5,9...5,4 6,1...5,6	7,8...6,9 7,9...7,0
Минимальный 9 мм	3,35 3,31	8,6...7,8 8,5...7,8	11,5...10,1 10,0...9,9
Максимальный 39 мм	7,67 8,17	2,7...2,4 2,8...2,5	3,8...3,3 3,8...3,3
Примечание. Величины, приведенные в числителе, относятся к тележке типа 2ТЭ10Л, в знаменателе – к тележке типа 2ТЭ116			

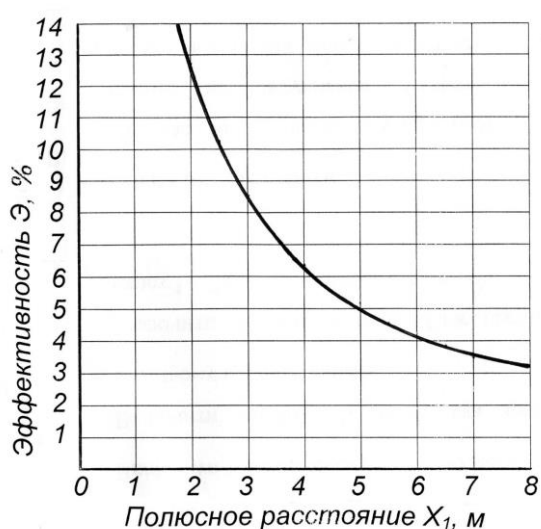


Рис. 3. Зависимость эффективности применения НВК от полюсного расстояния

Выводы. 1. Анализ полученных результатов свидетельствует, что применение в трехосной тележке локомотива средней колесной пары с независимо вращающимися колесами снижает направляющие усилия при движении в кривых на 2,5...17%. Конкретная величина снижения зависит от условий движения. В частности, от таких факторов, как установка тележки в кривой и суммарный зазор между гребнями колес и головками рельсов. На рис. 3 показан характер снижения эффективности в зависимости от полюсного расстояния x_1 , которое является в известной мере интегральным показателем отмеченных выше факторов. Чем больше радиус кривой, тем больше полюсное расстояние и, как следствие, меньшая эффективность применения НВК. По сравнению с кривой $R = 300$ м при движении в кривой $R = 600$ м полюсное расстояние x_1 увеличивается на 20...23%, а эффективность соответственно снижается на 32...35%.

2. Эффективность применения НВК существенно зависит от суммарного зазора между гребнями колес и головками рельсов. При отсутствии уширения колес его эксплуатационная величина колеблется в пределах 9...39 мм, а в кривых с уширением, где $R < 300$ м, может достигать 24...54 мм. Чем больше зазор, тем меньшая эффективность применения НВК. Если при зазоре 9 мм эффективность в кривой $R = 300$ м достигает 17%, то при зазоре 39 мм она снижается до 6,5%, а при зазоре 54 мм – до 5%.

3. Увеличение возвышения наружного рельса с 70 мм до 150 мм повышает эффективность применения НВК на 32...38%. Причем в этом случае влияние радиуса кривой и суммарного зазора между гребнями колес и головками рельсов сказывается незначительно.

4. В целом эффективность применения НВК оказалась наивысшей (до 10...15% и более) при движении тележки в кривых малого радиуса. Это положительный факт, поскольку именно там наблюдается наибольшая интенсивность износа гребней колес и боковых граней рельсов.

Л и т е р а т у р а

1. Михайлов Е.В., Слащев В.А. К вопросу об улучшении вписывания рельсового экипажа с поддерживающими колесными парами в кривые участки пути // Вісник СНУ ім. В. Даля. – № 8 (90). – Ч.1. – 2005. – Луганськ : Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2005. – С. 58–61.

2. Слащев В.А., Михайлов Е.В. Выбор конструктивной схемы локомотивной тележки с поддерживающими осями в ее структуре // Вісник СНУ ім. В. Даля. – № 8 (90). – Ч.1. – 2005. – Луганськ : Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2005. – С. 85–89.

3. Динамика установившегося движения локомотивов в кривых / С.М. Куценко, А.Э. Руссо, Э. П. Елбаев и др. – Харьков : Изд-во ХГУ, 1975. – 132 с.

References

1. Mihajlov E.V., Slashev V.A. K voprosu ob uluchshenii vpsyvaniya rel'sovogo jekipazha s podderzhivajushhimi koljosnymi parami v krivye uchastki puti // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2005. – № 8 (90). – Ch. 1. – P. 58-61.

2. Slashev V.A., Mihajlov E.V. Vybora konstruktivnoj shemy lokomotivnoj telezhki s podderzhivajushhimi osjami v ejo structure // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2005. – № 8 (90). – Ch. 1. – P. 85-89.

3. Dinamika ustanovivshegosja dvizhenija lokomotivov v krivyh / S.M. Kucenko, A.Je. Russo, Je.P. Elbaev i dr. – Har'kov : Izd-vo HGU, 1975. – 132 p.

Slashev V.A., Dodonov V.I. EFFICIENCY OF MOVEMENT THE BOGIE WITH THE INDEPENDENTLY REVOLVED WHEELS IN CURVED SECTION TRACK

The article is devoted to the actual topic to reduce the power of the cross between rail carriage wheels when driving it into the rail track, especially in the curved track sections. The results of calculations of efficiency of movement in the curved sections of the track triaxial bogie having an middle wheelset with independently rotating wheels. Efficacy was determined by comparing its guiding forces in the same driving conditions with a bogie that has all wheel sets the standard version. The calculations were performed by the usual method, widely used in industrial practice. The effectiveness of independently rotating wheels was the highest (up to 10...15% or more) at a truck moving in tight curves. It is a positive fact, because this is where there is the greatest in the intensification of wear out wheel flanges and the side faces of the rails.

Keywords: bogie, railway track, broadening of track, wheel pair, lateral frame force, guiding force, sliding friction.

Слащев Владимир Андреевич – к.т.н, профессор кафедры железнодорожного транспорта, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: vaslashev@yandex.ru

Vladimir A. Slashev – Cand. Eng. Scien., Professor of the *Railway Transport* Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

E-mail: vaslashev@yandex.ru

Додонов Валерий Иванович – старший преподаватель кафедры железнодорожного транспорта, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: vaslashev@yandex.ru

Valeriy I. Dodonov – senior lecturer of the *Railway Transport* Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

E-mail: vaslashev@yandex.ru

Рецензент: Старченко В.Н., д.т.н., проф., зав. каф. автомобилей, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 15.04.2017

УДК 629.113.004

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТА В ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ

Сметана С.А., Лычагин С.А.

ANALYSIS OF FEATURES OF USE ROAD TRANSPORT IN E-COMMERCE TECHNOLOGY

Smetana S.A., Luchagin S.A.

Статья посвящена актуальной теме по изучению опыта коммерческой работы в области транспортировки груза от производителя к потребителю. На современном этапе перехода к рыночным отношениям возникает потребность ускоренного развития производственной инфраструктуры, в том числе транспорта, обеспечивающей надежное обращение материальных ресурсов.

Ключевые слова: транспортировка груза, коммерческая деятельность, автомобильный транспорт, интернет технологии.

Введение. Ежегодно в нашей стране образуется большое количество различных хозяйственных связей. Намеченный рост производственного потенциала при прочих равных условиях вызовет увеличение хозяйственных связей в 4 раза. Эти данные свидетельствуют о необходимости детального рассмотрения возможностей транспортного комплекса по обеспечению надежного экономичного функционирования процессов товарообмена в современных условиях.

Актуальность. На данный момент имеются мало изученные проблемы, связанные с использованием транспорта для организации коммерческой деятельности в области электронной торговли – это: выбор исполнителя транспортного процесса, эффективность использования транспорта, выбор вида транспорта и схем транспортировки и др.

Переход к рыночным отношениям требует новых подходов к проблемам формирования материальных потоков, их рационализации и определения роли транспорта, в том числе и автомобильного, как основного участника процессов воспроизводства, оказывающего существенное влияние на рациональность размещения, обмена и эффективности общественного производства.

При грузовых перевозках автомобильный транспорт участвует практически во всех взаимосвязях производителей и потребителей продукции производственного назначения и товаров народного потребления.

Анализ последних исследований и публикаций. Решению проблем грузоперевозок посвящены работы: в **России** – А.И. Агеев, Л.А. Афанасьев, В.А. Боборыкин, В.А. Богомазов, А.Б. Бусыгин, А.М. Гаджинский, Б.А. Геронимус, В.И. Николин, А.А. Смехов, в **Германии** – А.Ф. Шулу, И.М. Шумпетер, А.А. Хоскинг.

Многочисленными исследованиями доказано, что при переходе к рыночному хозяйству повышаются требования потребителей к качеству используемой ими продукции. Это относится и к транспортным услугам, так как повышение их качества позволяет, в конечном счете, увеличить эффективность производства и соответственно доходы коллективов предприятий, пользующихся услугами транспорта.

Цель исследования. Изучить опыт коммерческой работы в области транспортировки и сохранности грузов, научиться организовывать технологический процесс движения материальных потоков с использованием интернет технологий, исследовать комплекс издержек, связанных с исполнением поставленных задач.

Анализ особенностей использования автотранспорта. Исследование современного рынка транспортных услуг показало наличие не менее семи разнообразных форм использования автотранспорта (рис. 1).

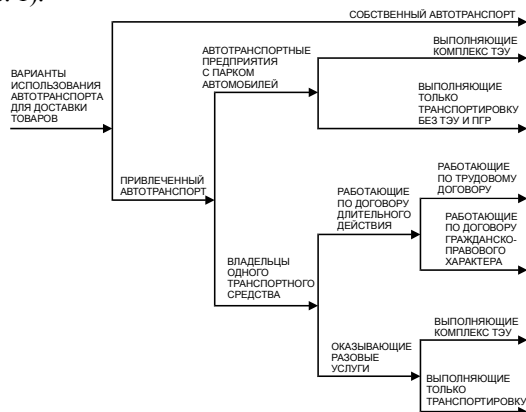


Рис. 1. Варианты использования автотранспорта для доставки товаров

В действительности их значительно больше, поскольку число вариантов увеличивается, если учитывать ограничения по лицензированию транспортной деятельности, формам оплаты транспортных услуг и т.д. [1].

Выбор грузовладельца между автотранспортным предприятием и частными перевозчиками зависит от многих факторов, учет которых необходим для принятия окончательного решения (табл. 1).

Повысить заинтересованность перевозчиков в сотрудничестве можно, если их разбить на две группы: А – работающих постоянно с гарантированным объемом работ и, следовательно, с гарантированной оплатой за оказанные услуги; Б – работающих при появлении дополнительного объема работ. В дальнейшем необходимо обеспечить заинтересованность перехода из группы «Б» в группу «А», применяя методы материального и социального стимулирования [2].

Таблица 1

Особенности вариантов транспортного обслуживания

АВТОПРЕДПРИЯТИЕ	ЧАСТНЫЕ ПЕРЕВОЗЧИКИ
1. Более высокая техническая готовность за счет имеющейся ремонтно - технической базы.	1. Более высокая заинтересованность водителей в качественном выполнении заказа.
2. Большая надежность в связи с возможностью резервирования автомобилей.	2. Большая надежность за счет бережного отношения к автомобилю.
3. Контроль водителей в процессе выполнения заказа со стороны персонала предприятия и со стороны заказчика.	3. Лучшая управляемость со стороны заказчика, в связи с отсутствием большого административно-управленческого аппарата.
4. Значительно большие финансовые и материальные ресурсы для обеспечения ремонта, обслуживания, приобретения запчастей и ГСМ.	4. Проще корректировать количество автомобилей в зависимости от размера поставок.

Материалопоток в условиях рынка формируется на базе экономической модели с двумя видами переменных (рис. 2):

- экзогенных – это исходная информация;
- эндогенных – результаты принятых решений.

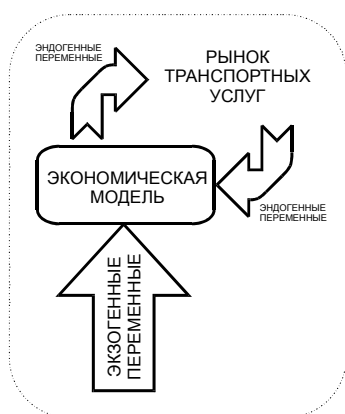


Рис. 2. Экономическая модель с двумя переменными

Экономическая модель состоит из трех уровней [3]:

1. Спрос на материалопоток зависит от тарифа на перевозку груза - P_T и совокупного дохода

потребителя – Y . Поэтому уравнения спроса выразим так (рис 3):

$$Q^D = D(P_T; Y).$$

2. Предложение зависит от тарифа на перевозку - P_T и цены на ГСМ – P_f . Эту зависимость выразим уравнением предложения (рис. 4):

$$Q^S = S(P_T; P_f).$$

3. Оптимальный объем материалопотока и оптимальная цена будут обеспечены при равенстве спроса и предложения (рис. 5 точка А).

$$Q^D = Q^S,$$

где Q^D - спрос на материалопоток, усл. ед;

Q^S - предложение материалопотока, ус. ден. ед.

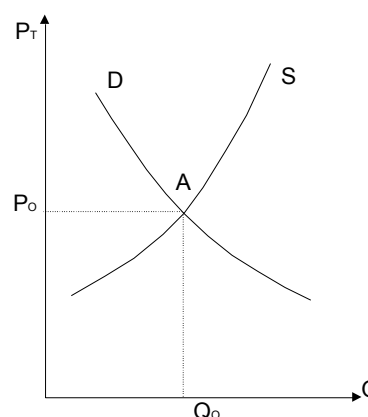


Рис. 3. График спроса и предложения: D – спрос; S – предложение

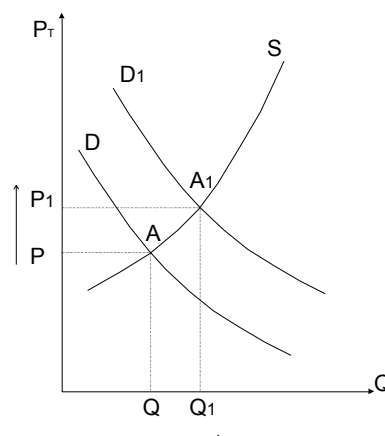


Рис. 4. График изменения материалопотока и тарифа на перевозку груза

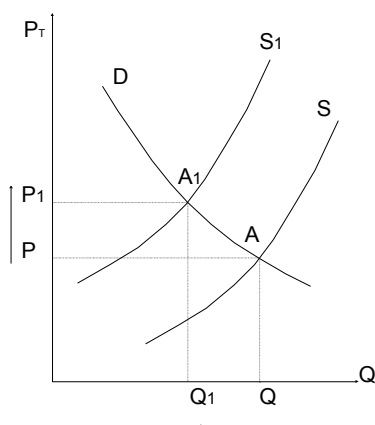


Рис. 5. График изменения тарифа на перевозку груза и материалопотока

Однако могут происходить различные изменения материалопотока, вызванные состоянием рынка.

Так, при увеличении совокупного дохода потребителей закономерно увеличивается спрос на материалопоток, что в свою очередь вызывает закономерный рост тарифа на перевозку (рис. 3).

Аналогично (рис. 4), при повышении цены на ГСМ, предложение на перевозку продукции уменьшается, что приводит к снижению материалопотока и повышению тарифа на перевозку.

Выводы. Проведенные исследования помогли в приобретении опыта коммерческой работы в области транспортировки и доставки груза на предприятии, помогли научиться организовывать технологический процесс движения материальных потоков, исследовать комплекс издержек связанных с исполнением поставленных задач

Литература

1. Беседина В.Н., Шевельев В.В. Организация транспортного обеспечения коммерческой деятельности. Учебные пособия Курск. 2000 – 40 с.
2. Аванесов Ю.А., Клочко А.Н. и др. Основы коммерческой деятельности на рынке товаров и услуг. - ; ТОО "Люкс арт", 1995. – 176 с.
3. Васильева Н.Э., Козлова Л.И. Формирование цены в рыночных условиях. – М;"Экспертное бюро – м", 1997 – 64 с.

References

1. Besedina V.N., Shevelyev V.V. Organization of transport support of commercial activity. Training aids Kursk. 2000 - 40 s.
2. Avanesov Yu.A., Klochko A.N. The basics of commercial activity in the market of goods and services. - ; LLP "Lux art", 1995. - 176 p.
3. Vasilyeva N.E., Kozlova L.I. The formation of prices in market conditions. - m, "Expert bureau - m", 1997 - 64 p.

Smetana S.A., Luchagin S.A.

ANALYSIS OF FEATURES OF USE ROAD TRANSPORT IN E-COMMERCE TECHNOLOGY

The article is devoted to the actual topic on studying the experience of commercial work in the field of transportation and delivery of cargo at the enterprise, to learn how to organize the technological process of flow of material flows, to investigate the complex of costs associated with the performance of assigned tasks. At the present stage of transition to market relations, there is a need for accelerated development of the industrial infrastructure, including transport, ensuring reliable circulation of material resources.

Key words: Cargo transportation, commercial activities, road transport, internet technologies.

Сметана Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: avtokaf@mail.ru

Smetana Sergey Aleksandrovich - Cand. Tech. Sci., Associate Professor of the Department of Automobiles, LNR Luhansk National University named after Vladimir Dal.

Лычагин Сергей Анатольевич – студент гр. ТЛ-361м ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Lychagin Sergey Anatolevich - student gr. TL-361m Lomonosov Moscow State University named after Vladimir Dahl.

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 27.04.2017

УДК 621.926

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОГО СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Сметана С.А., Соболев А.В.

INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF THE ROAD NETWORK WITH THE USE OF AN ADAPTIVE TRAFFIC LIGHT CONTROL

Smetana S.A. Sobolev A.V.

Статья посвящена актуальной теме по повышению безопасности дорожного движения АТС в условиях постоянного повышения уровня автомобилизации и плотности городской улично-дорожной сети (УДС). Выполнен анализ факторов, влияющих на пропускную способность автомобильных дорог и пересечений. Разработана математическая модель регулирования пересечений двухвуканальной СМО с ожиданием. Разработано два варианта систем адаптивного управления светофорной сигнализацией. Выполнен анализ уровня безопасности дорожного движения в местах проведения дорожных работ.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, пропускная способность автомобильных дорог и пересечений, адаптивное управление светофорной сигнализацией.

Введение. Проблема аварийности на автотранспорте приобрела особую остроту в последнее десятилетие в связи с повышением уровня автомобилизации и плотности улично-дорожной сети (УДС). В 2016 году в России произошло свыше 208 тыс. дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли 34,5 тыс. человек. По сравнению с 2000 годом число погибших возросло на 27,8 процента. Более четверти погибших в дорожно-транспортных происшествиях составили люди наиболее активного трудоспособного возраста (26 - 40 лет). Всего за последние 10 лет в дорожно-транспортных происшествиях погибли 312,5 тыс. человек.

Анализ последних исследований и публикаций. Решению задач по обеспечению безопасности дорожного движения посвящены работы: в **России** – В.А. Аксёнова, В.Ф. Бабкова, А.П. Васильева, Э.В. Гаврилова, О.А. Дивочкина, Е.М. Лобанова, М.В. Немчинова, Д.Д. Селюкова, В.В. Сильянова, В.Н. Ситника, В.В. Филиппова, В.В. Чванова, в **Германии** – У. Браннольта, К. Ленца, в **Великобритании** – Р. Оллсопа, Р. Смида, в **Швеции** – К. Аспа, Карл-Гуннара Хаммарлунда и др.

Многочисленными исследованиями доказано, что учет человеческого фактора позволяет повысить эффективность пропускной способности на автомобильных дорогах на 25-30 % и в 2-3 раза сократить количество дорожно-транспортных происшествий.

Анализ взаимодействия элементов системы «водитель – автомобиль – дорога» и исследование их взаимного влияния позволяет изучить факторы влияющих на пропускную способность транспортных потоков. В свою очередь условия постоянного увеличения автотранспортного потока создают объективные предпосылки для разработки новой концепции регулирования перекрестков на дороге и повышения безопасности на автомобильных дорогах.

Цель исследования. Изучить принципы и методы организации безопасности дорожного движения при регулировании транспортных потоков и выполнения дорожных ремонтных работ.

Экономическая эффективность внедрения АСУДД. Как и во всякой системе управления техническими или социальными объектами, в системе управления дорожным движением можно выделить стандартные элементы: «объект» и «систему», реализующую определенные методы управления объектом.

Объектом в системе управления дорожным движением является транспортный поток, состоящий из автотранспортных средств (АТС). В то же время водители автомобилей обладают свободной волей и реализуют при движении свои личные цели. Таким образом, дорожное движение представляет собой техно-социальную систему (ВАДС), что и определяет его специфику как объекта [1].

Традиционно все методы управления дорожным движением разделяют на организацию движения и его регулирование, действующие в реальном времени (on-line методы) и вне его (off-line методы).

К первой группе (on-line методы), относятся алгоритмы автоматизированного управления, жесткого типа и адаптированного, основанного на получении информации от датчиков транспортных потоков. Среди автоматизированных on-line методов следует назвать в первую очередь те, которые связаны с оперативным изменением параметров светофорного регулирования: различные варианты местного гибкого регулирования (МГР) и пропуска фаз, а также метод сетевого управления SCOOT. Эти методы широко применяются в системах автоматизированного управления дорожным движением (АСУДД). В отечественных системах в настоящее время возможна реализация ограниченного набора алгоритмов МГР.

АСУДД является системой, работающей в реальном масштабе времени, т.е. обработка информации, используемой для формирования управляющих воздействий, и передача соответствующих команд средствам регулирования должны производиться в темпе, соизмеримом со скоростью измерений условий движения на дорожно-уличной сети, а иногда и с опережением их. Поскольку длительность фаз и тактов светофорной сигнализации измеряется секундами, реализация этой особенности системы приводит к необходимости сбора и обработки информации о состоянии движения и формирования управляющих команд с дискретностью, соизмеримой с 1 с. Отсюда определяются требования к быстродействию вычислительного комплекса системы и устройств передачи информации.

Совокупность методов автоматизированного управления можно разделить на группы по следующим признакам:

- форма использования информации о параметрах транспортных потоков – управление без обратной связи (жесткое программное управление) и с обратной связью (адаптивное управление);
- время использования информации о параметрах транспортных потоков – управление в реальном масштабе времени и вне реального масштаба времени;
- обеспеченность теоретическим обоснованием;
- эвристические методы, основанные на накопленном опыте управления движением и оптимального управления, опирающиеся на экономико-математические методы теории автоматического управления.

Ко второй группе off-line методов следует отнести алгоритмы, не связанные со светофорным регулированием: использование управляемых знаков и табло (в основном при возникновении заторов) и реверсивных полос движения. Такие методы реализованы в отдельных зарубежных системах.

Цели управления – это увеличение пропускной способности дорожной сети, улучшение социальных, экономических и технических факторов процесса передвижения пассажиров и грузов [2].

Автоматизированная система управления дорожным движением АСУДД обеспечивает экономический эффект, главным образом, за счет минимизации непроизводительных задержек

автомобильного транспорта на регулируемых перекрестках, что способствует увеличению средней скорости движения транспортных средств, а также сокращению расхода горюче-смазочных материалов.

Повышение уровня безопасности движения способствует сокращению числа ДТП (дорожно-транспортных происшествий) и уменьшению тяжести их последствий.

Опыт эксплуатации внедренных АСУДД позволяет сделать вывод, что задержки транспорта за счет оптимизации и координации управления снижаются в среднем на 15-30%, а средняя скорость движения увеличивается на 15-20%. Кроме того, автоматизированная система управления дорожным движением способствует:

- снижению уровня шума на городских магистралях;
- уменьшению загазованности окружающей среды.

Существующие расчетные методы на стадии проектирования АСУДД не дают возможности количественно определить вышеперечисленные факторы, после внедрения АСУДД в эксплуатацию оценка этих факторов может производиться методом натуральных измерений, а степень влияния АСУДД на повышение уровня безопасности движения устанавливается на основе анализа статистических данных об аварийности за несколько лет работы системы [3].

Расчет экономической эффективности производится на основании комплексного анализа, который объединяет следующие этапы:

- определение единовременных затрат на внедрение системы;
- определение годовых эксплуатационных расходов;
- определение размера ущерба от ДТП;
- определение экономии за счет сокращения горючего после внедрения;
- расчет суммарного годового экономического эффекта.

Годовая экономия \mathcal{E}_z складывается из экономии, полученной от сокращения задержек транспорта (\mathcal{E}_{Σ_1}); сокращения расхода топлива (\mathcal{E}_{Σ_3}) и сокращения количеств ДТП (\mathcal{E}_{Σ_4}) за вычетом текущих затрат (C).

$$\mathcal{E}_z = \mathcal{E}_{\Sigma_1} + \mathcal{E}_{\Sigma_3} + \mathcal{E}_{\Sigma_4} - C$$

Экономия \mathcal{E}_{Σ_1} рассчитывается отдельно для трех разновидностей транспортных средств – легкового, грузового и автобусов:

$$\mathcal{E}_{\Sigma_1} = \sum_1^3 \mathcal{E}_1^{L(\Gamma, A)} = \frac{365 I^{L(\Gamma, A)} K^{L(\Gamma, A)} C^{L(\Gamma, A)} \sum_{i=1}^n (z_{i1} - z_{i2})}{\beta},$$

где $\mathcal{E}_1^{L(\Gamma, A)}$ – экономия, получаемая за счёт снижения задержек легкового (грузового и автобусного) транспорта, руб; 365 – количество дней в году;

$I^{Л(Г,А)}$ – интенсивность движения в обоих направлениях в час пик легкового (грузового и автобусного) транспорта, авт/ч;

$K^{Л(Г,А)}$ – коэффициент, учитывающий снижение интенсивности легкового (грузового и автобусного) транспорта в выходные и праздничные дни;

$C^{Л(Г,А)}$ – стоимость машино-часов легкового (грузового и автобусного) транспорта, грн.;

z_{i1}, z_{i2} – продолжительность задержки на I -м перекрёстке соответственно до и после внедрения системы, с;

β – коэффициент суточной неравномерности движения, ч./сут;

n – количество перекрёстков.

Коэффициент суточной неравномерности движения при интенсивности более 1000 авт/ч – 0,1.

Определение z_{i1}, z_{i2} производится по результатам наблюдений.

Экономия топлива \mathcal{E}_{Σ_3} обеспечивается за счет:

- сокращения времени простоя перед светофорами (работа двигателя на холостом ходу);

- сокращения количества полных остановок автомобилей перед перекрёстками;

- выравнивания скоростного режима движения (снижение градиента скорости) за счёт эффективного координированного управления группой перекрёстков.

Экономия $\mathcal{E}_3^{Л(Г,А)}$ рассчитывается отдельно для трёх разновидностей транспортных средств – легкового транспорта, грузового и автобусов.

$$\mathcal{E}_3^{Л(Г,А)} = M^{Л(Г,А)} \cdot E \cdot L \cdot C^{Л(Г,А)}$$

где $M^{Л(Г,А)}$ – полная масса автомобилей, составляющих транспортный поток, т;

E – экономия топлива в расчете на одну тонну полной массы транспортного потока на один километр пробега;

L – протяженность координированного маршрута, км;

C – цена на топливо, руб.

$$M^{Л(Г,А)} = \frac{365 \cdot I^{Л(Г,А)} \cdot K^{Л(Г,А)} \cdot m^{Г(Л,А)} \cdot (1 - D^{Л(Г,А)})}{\beta},$$

где $m^{Л(Г,А)}$ – средняя полная масса одного автомобиля, соответственно легкового, грузового или автобуса.

\mathcal{E}_{Σ_4} – количество ДТП и материальные потери от них, устанавливаются на основе анализа статистических данных об аварийности за несколько лет, до и после внедрения системы.

Единовременные затраты на внедрение системы выбираются из проектных данных.

Выводы. Проведенные исследования повысят безопасность дорожного движения АТС в условиях постоянного повышения уровня автомобилизации и плотности городской улично-дорожной сети.

Литература

1. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник. Пер. с англ. / В.У. Ренкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М.: Транспорт, 1981г. – 592 с.

2. Д.Т. Морган, Д.К. Литтл Координация дорожных сигналов Пер. с англ. М.: Транспорт 1980 г.- 226 с.

3. Р. Шлейфер Вероятность и статистика для деловых решений Изд. «Мир» 2001 г. - 325 с.

References

1. Road transport and traffic management: a handbook. Trans. from English. / V.U. Rankin, P. Clough, S. Halbert, etc. - M.: Transport, 1981. - 592 p.

2. D.T. Morgan, D.C. Little "Coordination of traffic signals," Trans. from English. M.: Transport 1980. - 226 p.

3. R. Schleifer Probability and statistics for business decisions Univ. "Peace" in 2001 to - 325 p.

Smetana S.A., Sobolev A.V.

INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF THE ROAD NETWORK WITH THE USE OF AN ADAPTIVE TRAFFIC LIGHT CONTROL

The article is devoted to the actual topic at improving exchanges of road safety in a continuous improvement of the level of motorization and the density of the urban road network. The analysis of the factors affecting the capacity of roads and intersections. A mathematical model of the intersection control QS with expectation. Developed two variants of adaptive traffic light signal control systems. Completed road safety analysis in the field of road works.

Key words: road safety, road and intersection capacity, adaptive traffic light regulation.

Сметана Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: avtokaf@mail.ru

Smetana Sergey Aleksandrovich - Cand. Tech. Sci., Associate Professor of the Department of Automobiles, LNR Luhansk National University named after Vladimir Dal.

Соболев Александр Валерьевич – студент гр. ТЛ-361м ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Sobolev Alexandr Valerevich- student gr. TL-361m Lomonosov Moscow State University named after Vladimir Dahl.

Рецензент: Нечаев Григорий Иванович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Статья подана 2.04.2017

УДК 629.3.082(075.35)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ РЕЛЬСОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Старченко В.Н., Быкадоров В.В., Тенишев В.Е.

MODELING OF THERMAL PROCESSES IN INHIBITION OF RAIL ROLLING STOCK

Starchenko V., Bikadorov V., Tenishev V.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований тепловых процессов, которые реализуются в процессе торможения рельсового экипажа при взаимодействии ходовых колёс с тормозными колодками и рельсом. Рассматриваются теплообменные процессы в исполнительных элементах системы механического торможения рельсового подвижного состава с учётом их силового взаимодействия и влияния окружающей среды. Представлены основные термические показатели и характер их изменения при использовании в качестве фрикционного материала серийных чугунных и композиционных тормозных колодок, а также фрикционных колодок нового поколения, изготовленных на основе модифицированных углерод-углеродных композиционных материалов.

Ключевые слова: моделирование, рельсовый экипаж, торможение, фрикционные С-С композиты.

Введение. Дальнейшее развитие и совершенствование железнодорожного транспорта неразрывно связаны с ростом скорости движения и мощности тяговых единиц подвижного состава. Уже сейчас максимальная скорость движения рельсовых экипажей превышает 600 км/ч, и регулярное движение на скоростных магистралях осуществляется со скоростью 280 ... 350 км/ч. В таких условиях особую актуальность приобретает проблема торможения подвижного состава, поскольку кроме обеспечения безусловной безопасности пассажирских и грузовых перевозок необходимо выполнить и ряд нормативных требований по длине тормозного пути, допускаемому замедлению, времени торможения. Эффективность торможения оценивается величиной тормозной мощности, которая реализуется на тормозных осях экипажа различными тормозными системами (механическая, электродинамическая и рекуперативная, вихретоковая и магнитно-рельсовая). Главную роль в обеспечении безопасности движения по-прежнему продолжают играть механические фрикционные тормоза в виде привычного колодочного торможения на ходовые

колёса или же – дисковые тормозные системы, а в качестве фрикционного материала широко используются чугунные, композиционные и металлокерамические колодки. Однако существенная зависимость трибологических характеристик известных фрикционных материалов от величины скорости начала торможения, удельной нагрузки и температуры контактной поверхности трения приводит к значительному снижению эффективности процесса торможения и вызывает необходимость поиска новых технических решений по совершенствованию известных и поиску принципиально новых фрикционных материалов в виде модифицированных углерод-углеродных композиционных материалов.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованию трибологических характеристик различных фрикционных материалов и их влияния на тепловые процессы при торможении посвящены многочисленные публикации отечественных и зарубежных исследователей, в том числе известны отдельные работы по фрикционным С-С композитам, которые используются в авиастроении и в тормозных системах гоночных автомобилей Формулы-1. Разработка и внедрение принципиально новых технологий производства модифицированных углерод-углеродных композиционных материалов приводят к кратному снижению их стоимости, что позволит существенно расширить зону их массового использования в различных технических приложениях, в том числе и для повышения тормозной мощности рельсовых экипажей. Для математического описания сложных технических систем при наличии узлов трения и контактного взаимодействия в системе «колодка-колесо-рельс» могут быть использованы известные программные продукты типа ADAMS/Rail, системы автоматизированного проектирования и другие программные комплексы [1].

В исследовательской лаборатории «Тормозные системы и устройства транспортных машин» ГОУ

ВПО ЛНР «ЛНУ им. В. Даля» на протяжении последних 15 лет выполнен комплекс исследований по разработке технологии, изготовлению и испытаниям принципиально новых фрикционных материалов на основе углерод-углеродных композитов, для улучшения трибологических характеристик которых использованы различные модификаторы трения [2, 3, 4].

Цель исследования – исследование проведено с целью моделирования тепловых процессов и оценки влияния термических показателей различных фрикционных материалов на процесс торможения, величину тормозного пути и длительность торможения рельсовых экипажей при колодочном торможении.

Материалы и результаты исследования. Расчётная схема для описания процесса торможения и тепловые потоки от взаимодействия тормозных колодок с ходовыми колёсами и последних с рельсом показаны на рис. 1, там же показана установка натурного опытного образца тормозной колодки в тормозную систему рельсового экипажа для проведения пробных испытаний в эксплуатационных условиях.

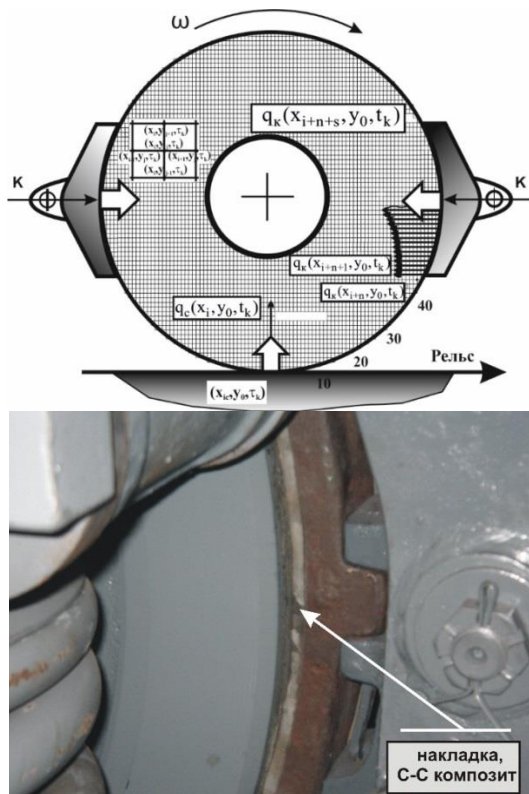


Рис. 1. Расчётная схема и установка в тормозную систему рельсового экипажа натурной тормозной колодки с накладкой из модифицированного С-С композита

Для исследования теплового состояния сопряжённых узлов трения (колодка-колесо) и качения (колесо-рельс) системы решалось

неоднородное дифференциальное уравнение нестационарного теплообмена для твёрдого тела [5]:

$$a\nabla^2 t + q_s = \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коэффициент теплопроводности материала тела, м²/с;

q_s – удельная плотность потока теплоты с поверхности колеса, в данном случае – конвективного теплового потока в атмосферный воздух, Вт/м³;

t и τ – соответственно температура и время протекания процесса;

ρ , c , λ – соответственно плотность, теплоёмкость и коэффициент теплопроводности материала.

Однозначность решения обеспечивалась соответствующими граничными условиями, учитывающими величину и распределение тепловых потоков на границах исследуемых объектов в областях их зарождения и выхода из системы [6]. При этом тепловой поток в пятне контакта колеса с рельсом определялся исходя из наличия и количественных характеристик вязкоупругой статической и динамической компонент деформации материалов данных тел.

Решение традиционно осуществлялось в численной форме (методом конечных разностей), поскольку аналитическое решение уравнений такого вида (без существенных упрощений, вносящих непредсказуемые искажения в результаты их решения) в настоящее время не представляется возможным. При этом метод конечных разностей был выбран как наиболее простой, наглядный и одновременно обеспечивающий при достаточно малом шаге интегрирования (что обеспечивается применением современных вычислительных средств) сходимость и достаточную точность полученных результатов.

Граничные условия также были получены и использовались при численной реализации решения в конечно-разностном виде. Граничные условия второго рода в точке контакта колеса с рельсом, а также на поверхности контакта колодки с колесом задавались в виде плотности нестационарных тепловых потоков q_{kk} и $q_{кл}$. В качестве начальных условий были приняты постоянство температуры исследуемых узлов и её равенство температуре атмосферного воздуха в начальный момент времени. В рассматриваемом примере начальная температура принималась равной 0°С.

Расчёты выполнялись для трёх вариантов тормозных колодок: серийных чугуновых и композиционных [6, 7], а также для тормозных колодок нового поколения из модифицированных углерод-углеродных С-С композитов [8, 9].

Вариантность расчётов включала также задание разных сочетаний нажатий тормозных колодок на колесо локомотива (в диапазоне 10...40 кН) и, соответственно, вагонов состава (20...30 кН), а также на разной начальной скорости движения (40...120 км/ч). Моделировался на основе решения уравнения движения поезда численным методом Эйлера с модификациями случай остановочного торможения на площадке грузового состава массой 4800 т с локомотивом 2ТЭ116. При этом в соответствии с [10] учитывались основные сопротивления локомотива (холостого хода) и состава вагонов, а также тормозные силы при служебном и экстренном торможении.

Для исследования качественной стороны тепловых процессов и их связи с другими энергетическими процессами (в данном случае с динамикой явлений) целесообразно использовать непосредственно их компьютерные временные экранограммы, которые позволяют визуализировать основные закономерности их протекания с привязкой к реальному времени.

Так, результаты решения позволили подтвердить существенно нестационарный и при этом локально – пульсирующий характер теплового потока в пятне контакта колеса с рельсом (рис. 2, 3), что указывает на корректность и необходимость учёта задающей динамической компоненты контактных напряжений в этой зоне (доля нестационарного теплового компонента, обусловленного динамическими пульсациями деформации в зоне контакта, составляет до 54%). При этом тепловая мощность зоны контакта изменяется в пределах 16,5...30,6 кВт. Гармоники энергетических и термических характеристик процесса практически стабилизируются к условной пятой минуте движения с постоянной скоростью. При этом температура в пятне контакта приобретает стабильно – пульсирующий характер, прерываясь на уровне 163...233 °С (рис. 3,а).

В режиме торможения тепловой поток пятна контакта, сохраняя квазигармонический характер, уменьшает действующую величину с 23,5 кВт, по закону, близкому к линейному (см. рис. 2,б), вплоть до нулевого уровня (что соответствует полной остановке). Максимальная температура в зоне контакта колеса с рельсом достигает 570 °С при её среднедействующем значении около 545 °С (см. рис. 3,б).

Представленная выше в качестве примера экранная визуализации и фиксация результатов протекания рабочих процессов, характеризующих существенные аспекты эксплуатационных характеристик конструктивных и фрикционных материалов элементов системы механического торможения локомотивов, может быть оперативно выполнена в отношении произвольного сочетания задаваемых вариантных показателей, что способствует алгоритмизации и выбору правильного

направления поиска оптимального технического решения.

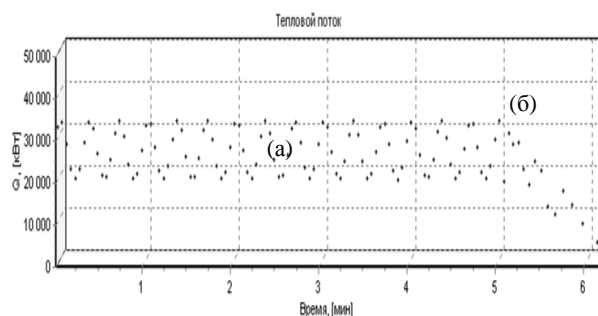


Рис. 2. Характеристики теплового потока зоны контакта: а) – температурный режим постоянного хода; б) – температурный режим остановочного торможения со скорости 120 км/ч С-С колодками [6] при усилии нажатия вагонных и локомотивных колодок соответственно 10 кН и 20 кН



Рис. 3. Временная зависимость температуры в контакте “колесо-рельс” при торможении С-С колодками в режимах, соответствующих представленным на рис. 2

Несмотря на важность и значимость представленных выше результатов для всестороннего анализа и выбора конструктивных и технологических показателей исполнительных элементов системы механического торможения, в соответствии с которыми расчётный уровень температуры в зоне взаимодействия колеса с рельсом достигал значительной величины, максимальное термическое воздействие в пятне контакта ввиду незначительности соответствующего временного интервала (порядка 10^{-5} с) нельзя считать определяющим.

Реализуемый при решении демонстрируемой задачи подход позволяет установить непредсказуемые особенности протекания анализируемых нестационарных тепловых процессов. Так, температура поверхности качения колеса локомотива при движении с постоянной скоростью 120 км/ч характеризуется низкочастотной квазипериодической временной зависимостью с периодом около 1,5 мин и амплитудой до 7 ... 8 К (рис. 4).

Как представляется, данный факт обусловлен тепловой инерцией плотного, достаточно

теплоёмкого и массивного тела, каковым является колесо локомотива (его масса около 400 кг).

Температурные колебания приобретают регулярный характер, практически начиная с условной шестой минуты движения поезда. Соответствующий максимальный перегрев поверхности катания колёс локомотива в сравнении с атмосферным воздухом составил около 61 К, что не может сколько-нибудь существенным образом отразиться на состоянии материалов колеса и рельса.

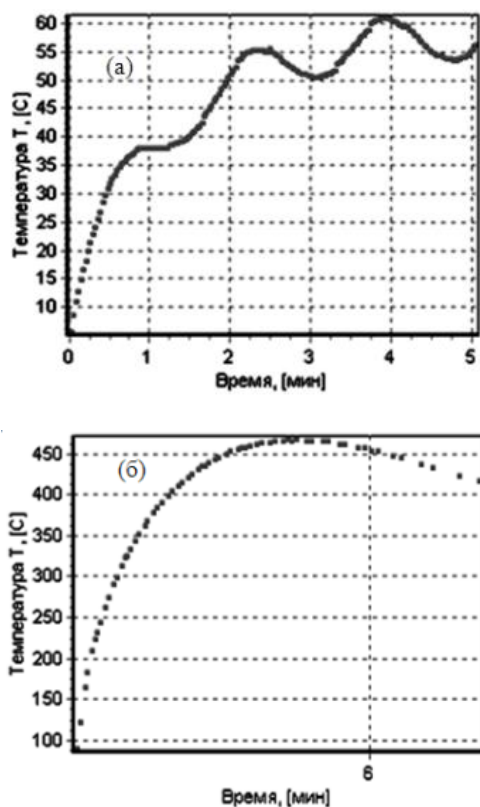


Рис. 4. Зависимость температуры поверхности катания колеса от времени с начала движения (а) и от времени с начала торможения (б)

Использование предлагаемого метода позволяет также вести оперативный контроль непосредственно в процессе расчёта за распределением температуры в последовательных кольцевых слоях колеса в радиальном и в угловом направлениях (рис. 5), а также общий контроль за термическим состоянием наиболее теплонапряженных поверхностей элементов системы “колодка-колесо-рельс” (рис. 6).

Анализ представленных материалов с очевидностью позволяет сделать вывод о несомненном преимуществе тормозных колодок из фрикционных модифицированных С-С композитов по всем термическим показателям в сравнении с серийными композиционными.

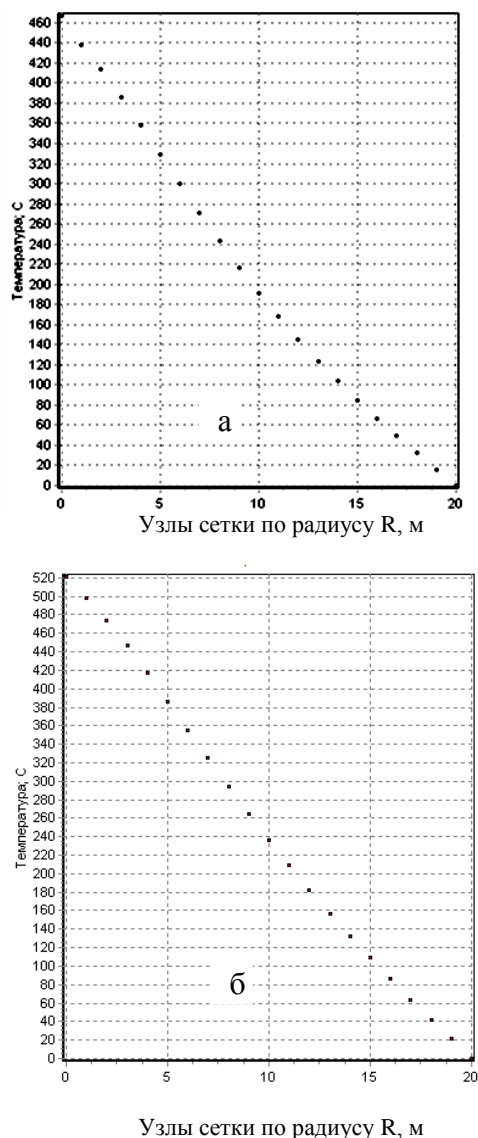
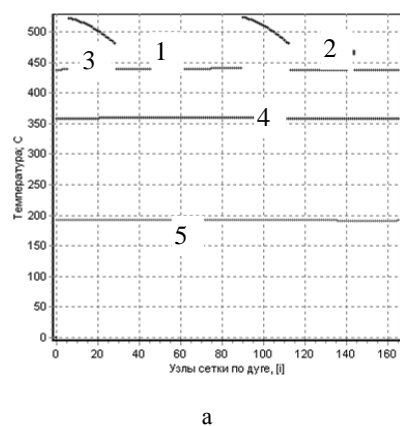
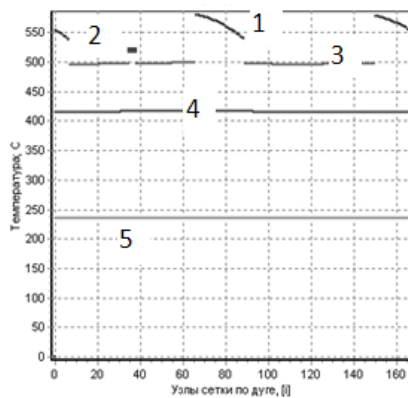


Рис. 5. Распределение температуры по радиусу колеса в зоне контакта колеса с рельсом в случаях торможения С-С колодками (а) и серийными композиционными (б) колодками с начальной скорости 120 км/ч при усилии нажатия 10/20 кН (см. рис. 2)



а



б

Рис. 6. Сравнительные термические показатели процесса орможения С-С колодками (а) и серийными композиционными (б): 1 – распределение температуры по поверхности колодки; 2 – температура в пятне контакта; – температура на поверхности катания колеса; – температура металла колеса на расстоянии 80 мм от бода; 5 – температура металла колеса на расстоянии 200 мм от обода

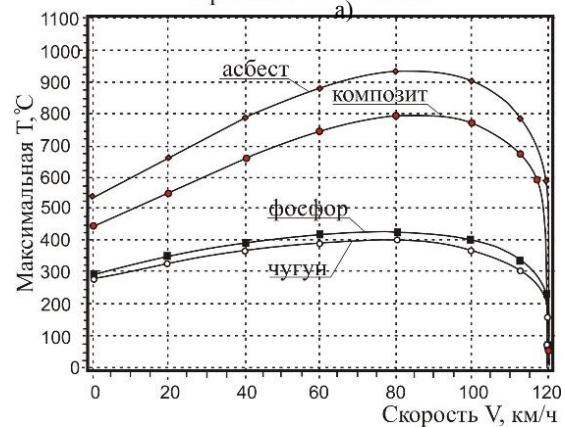
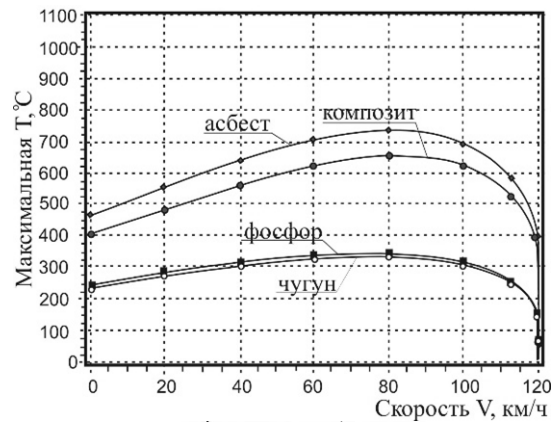
Наибольший температурный перегрев при остановочном торможении был зафиксирован при расчётных исследованиях на поверхности контактного трения под тормозными колодками. При этом целесообразно для обобщения и облегчения сравнительного анализа результатов моделирования результатов использования разных фрикционных материалов представлять на одном графике семейства рабочих характеристик (рис. 7, а, б).

При расчётах были зафиксированы следующие уровни температур, характеризующих влияние материала тормозных колодок при их функционировании на соответствующий перегрев сопряжённых поверхностей трения:

- для серийных композиционных (см. рис. 7, а, б) – 740 (максимальная) и 460 °С (в конце торможения) (а) и соответственно 930 и 540 °С (б);
- для модифицированных С-С композитных – 655 (максимальная) и 405 °С (в конце торможения) (а) и соответственно 795 и 445 °С (б);
- для серийных чугуновых с повышенным содержанием фосфора – 425 (максимальная) и 290 °С (в конце торможения) (а) и соответственно 350 и 250 °С (б);
- для серийных чугуновых – 400 (максимальная) и 280 °С (в конце торможения) (а) и соответственно 350 и 250 °С (б).

Наибольший перегрев поверхности контактного трения колодки, сопряжённой с колесом, (740 ... 930 К) соответствовал торможению серийными композитными колодками, наименьший – серийными чугуновыми – 330 ... 400 К. Опытные модифицированные С-С колодки характеризовались возрастанием перегрева на уровне 655 – 795 °С, что

на 85 ... 135 К меньше в сравнении с серийными композиционными колодками.



б)

Рис. 7. Зависимость максимальной температуры поверхности колодки от скорости движения при остановочном торможении в режиме служебного (а) и экстренного (б) торможения поезда: «асбест» – серийными композиционными колодками; «композит» – модифицированными С-С композитными; «фосфор» – чугуновыми с повышенным содержанием фосфора; «чугун» – серийными чугуновыми

Показателями, характеризующими интенсивность и конечные результаты торможения, являются тормозная путь (рис. 8) и длительность торможения (рис. 9). При определении данных показателей в зависимости от начальной скорости торможения были установлены преимущества предлагаемых модифицированных С-С композитов в сравнении с известными серийными, что обусловлено их высокими фрикционными и трибологическими характеристиками.

По результатам расчётов модифицированные С-С композиты нового поколения имеют преимущество по приведённым показателям в сравнении с чугуновыми и фосфористыми колодками соответственно в 2,6 и в 2,3 раза, а в сравнении с серийными композиционными – на 8,5%.

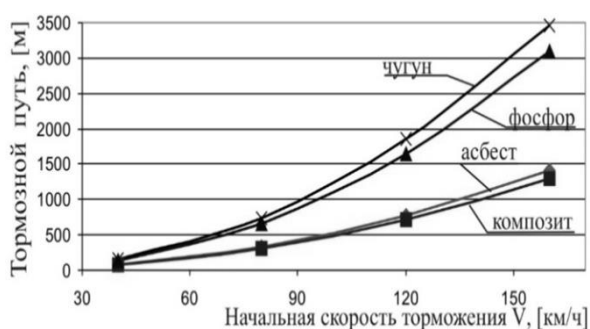


Рис. 8. Зависимость тормозного пути экстренного торможения от начальной скорости торможения

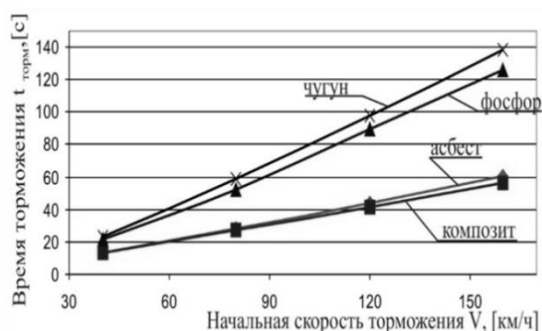


Рис. 9. Зависимость времени экстренного торможения от начальной скорости

Учитывая несомненные преимущества нового материала по тепловым показателям и термостойкости в сравнении с серийно используемыми, следует рекомендовать модифицированные С-С композиты в качестве рационального фрикционного материала для тормозных колодок перспективного скоростного рельсового подвижного состава.

Выводы. 1. На основании решения нестационарной тепловой задачи теплообмена в системе «тормозные колодки-колесо-рельс» установлено, что тепловые параметры этой системы существенным образом зависят и определяются материалом непосредственно тормозных колодок, особенно в условиях использования перспективного скоростного подвижного состава для повышенных скоростей движения. Интегральные показатели, характеризующие интенсивность и конечные результаты процесса торможения, также определяются теплофизическими и трибологическими характеристиками материала тормозных колодок.

2. Комплексными расчётами установлены временные и скоростные характеристики изменения температуры для режимов движения, остановочного и экстренного торможения при применении различных материалов тормозных колодок, а также интегральные показатели торможения. Предлагаемые тормозные колодки нового поколения на основе фрикционных модифицированных С-С композитов имеют

значительное преимущество в сравнении с стандартными композиционными по всем термическим показателям. Перегрев поверхности трения «колодка-колесо» в случае экстренного торможения на площадке состава массой 4800 т с тепловозом 2ТЭ116 с начальной скорости 120 км/ч и нажатии в 40 кН при работе с серийными композиционными колодками получен на уровне 930 К, для чугунных и фосфористых колодок – 425 и 400 К, а для модифицированных С-С колодок нового поколения – 795 К. Кроме того, предлагаемый материал обеспечивает более чем двукратное преимущество по длине тормозного пути в сравнении с серийными тормозными колодками из чугуна.

Литература

1. Моделирование системы колесо — рельс // ЖДМ-online. №2. – 2005.
2. Старченко В.Н., Гурич В.А., Быкадоров В.П., Шапран Е.Н. Фрикционные материалы на базе углерод = углеродных и углерод = асбестовых волокон для тормозных устройств // Железные дороги мира, № 2, 2006. С. 38-42.
3. Старченко В.Н. Трибологические свойства фрикционных С-С композитов для тормозных устройств подвижного состава // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. – 2007. – №6 (112). – С. 48-52.
4. Старченко В.Н. Расчёт упругих характеристик пространственно армированных фрикционных углерод = углеродных композиционных материалов. Сборник научных трудов «Автомобильный транспорт». – Харьков: ХНАДУ. – 2005. – Вып. 16. – С. 117-122.
5. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача. – М.: «Высшая школа», 1988. – 479 с.
6. Старченко В.Н., Кущенко А.В., Полупан Ю.В. Исследование тепловых процессов в системе «тормозные колодки-колесо-рельс» // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2008. – № 5(123). – Ч. I. С. 47-51.
7. Иноземцев В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава – М.: Транспорт, 1986. – 283 с.
8. Иноземцев В.Г., Казаринов В.М., Ясенцев В.Ф. Автоматические тормоза. – М.: Транспорт, 1981. – 464 с.
9. Композитний матеріал на основі вуглець-вуглець для фрикційних елементів: Патент на винахід №82267. Україна. МПК С04В 35/83, С04В 35/52, F16D 69/00/ Старченко В.М., Полупан Є.В., Шевченко С.І. (UA). Заявл. 03.05.2006; Опубл. 25.03.08, Бюл. №6. – 4 с.
10. Правила тяговых расчётов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. 287 с.

References

1. Modelirovanie sistemy koleso-rels //GDM-online. №2. – 2005.
2. Starchenko V.N., Gurin V.A., Bikadorov V.P., Shapran E.N. Frikzionnye materialy na base uglerod-uglerodnyh i uglerod-asbestovyh volokon dlya tormoznyh ustroystv // Gelesnye dorogi mira, № 2, 2006. P. 38-42.
3. Starchenko V.N. Tribologicheskie svoystva frikzionnyh С-С kompozitov dlya tormoznyh ustroystv podvignogo sostava // Visn. Shidnoukr. naz. un-tu. – 2007. – №6 (112). – P. 48-52.
4. Starchenko V.N. Raschet uprugih harakteristik prostranstveno armirovanyh frikzionnyh uglerod-uglerodnyh

kompozitsionnykh materialov. Sbornik nauchnykh trudov «Avtomobilnyi transport». – Kharkov: KHNADU. – 2005. – Vip. 16. – P. 117-122.

5.Uydaev B.N. Tehnicheskaya termodinamika. Teploperedacha. – M.: “Vysshaya shkola”, 1988. – 479 p.

6.Starchenko V.N., Kushenko A.V., Polupan Y.V. Isledovanie teplovichykh prozessov v sisteme “tormosnyye kolodki-koleso-rely” // Visn. Shidnoukr. naz. un-tu. – 2008. – № 5(123). – Tom. I. P. 47-51.

7.Inosemzev V.G. Tormosa gelesnodorogogo podvignogo sosnava. – M.: Transport, 1986. – 283 p.

8.Inosemzev V.G., Kasarinov V.M., Yasenzev V.F. Avtomaticheskyye tormosa. – M.: Transport, 1981. – 464 p.

9.Kompositnyi material na osnove uglerod-ugleroda dlya friktsionnykh elementov: Patent na isobreteniye №82267. Ukraina. МПК C04B 35/83, C04B 35/52, F16D 69/00/ Starchenko V.N., Polupan E.V., Shevchenko S.I. (UA). Sayavl. 03.05.2006; Opubl. 25.03.08, Bul. №6. – 4 p.

10.Pravila tyagovych raschetov dlya poesdnoi raboty. – M.: Transport, 1985. 287 p.

Starchenko V.N., Bikadorov V.V., Tenishev V.E.
MODELING OF THERMAL PROCESSES IN INHIBITION OF RAIL ROLLING STOCK

Shows the results of theoretical and experimental research of thermal processes, which are realized in the process of braking rail crew when interacting with brake pads wheel running gears and rail. Heat transfer processes are discussed in the Executive system elements of mechanical braking of railway rolling stock based on their power and influence interaction environment Wednesday. Basic thermal performance and the nature of their change when used as a friction material serial iron and composite brake blocks, as well as the friction pads of new generation manufactured on the basis of carbon-carbon composite materials.

Key words: modeling, rail crew, braking friction c-c composites.

Старченко Валерий Николаевич – д.т.н., проф., ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: profstarchenko@gmail.com

Starchenko Valery Nikolayevich – Dr. of Technical Science, prof., Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

Быкадоров Вадим Викторович – к.т.н., доц., зав. кафедрой железнодорожного транспорта, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Bikadorov Vadim Viktorovich - Cand. of Technical Science, associate professor, Chair of railway transport, Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

Тенишев Валерий Евгеньевич – инженер-исследователь, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: valera_tenishev@mail.ru

Tenishev Valery Evgenyevich – engineer, Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 629.3.082(075.35)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ФРИКЦИОННОЙ ПАРЫ ТРЕНИЯ ДИСКОВОГО ТОРМОЗА АВТОМОБИЛЕЙ

Старченко В.Н., Тенишев В.Е.

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THERMAL PROCESSES OF FRICTION DISC BRAKE FRICTION PAIRS OF CARS

Starchenko V.N., Tenishev V.E.

Приведены расчётная схема и результаты математического моделирования тепловых процессов в исполнительном механизме дискового тормоза автомобилей. Выполнены расчёты температуры на сопряжённых поверхностях фрикционной пары трения при нестационарном процессе торможения, при этом для решения полученных рекуррентных соотношений использованы итерационные методы с «нулевым» приближением. Использование предлагаемой приближённой методики для установления температурно-временных зависимостей в тормозных накладках дискового тормоза автотранспортных средств позволило получить достаточно достоверные данные об их тепловом состоянии, что подтверждено результатами экспериментальных исследований. Изложены перспективы развития новых фрикционных материалов на основе модифицированных углерод-углеродных С-С композитов.

Ключевые слова: математическая модель, тепловые процессы, дисковый тормоз, автомобиль, С-С композиты.

Введение. В настоящее время развитие автомобильного транспорта идет по пути увеличения мощности автомобилей, скорости их движения, а также роста массогабаритных показателей перевозимых ими грузов. В связи с этим возрастает энергонагруженность тормозных систем автотранспортных средств. Для повышения эффективности торможения автомобильного подвижного состава исполнительным механизмом тормозной системы необходимо создать достаточную тормозную мощность и обеспечить устойчивое сцепление колес с дорожным покрытием при одновременном улучшении теплоотвода из зоны трения тормозных накладок (колодок) с диском.

Тем самым для повышения срока службы, экономичности и технологичности процесса изготовления и установки на автомобиль тормозного механизма, устойчивости его трибологических характеристик к температурным и механическим напряжениям существует необходимость продолжения работ по созданию

новых перспективных фрикционных материалов с улучшенными механическими и теплофизическими свойствами, имеющими стабильный коэффициент трения, а также совершенствованию математического описания теплового процесса торможения.

Анализ последних исследований. Показатели качества тормозных устройств определяются в основном конструктивным исполнением исполнительного механизма, включающего пары трения, и оптимальным сочетанием соответствующих фрикционных материалов, которые должны обеспечивать выполнение нормативов и требований по величине тормозного пути, времени торможения и допусжаемому замедлению, предъявляемым к тормозным системам автотранспортных средств (АТС).

В условиях непрерывного повышения нагрузок на тормозные устройства барабанные тормозные механизмы уже не отвечают в полной мере новым требованиям и уступают дисковым тормозным устройствам по причине недостаточной теплорассеивающей способности, склонности к потере эффективности при нагревании и нестабильности реализуемого тормозного момента [1, 2]. Таким образом, наиболее перспективными в настоящее время являются дисковые тормозные устройства, что вызывает необходимость решения вопросов, связанных с повышением их прочности и надежности, которые в значительной мере определяются величиной механических и термических нагрузок, возникающих в элементах пары трения в процессе торможения.

Современный этап развития автотранспортных средств характеризуется постоянным требованием к росту величины тормозного момента, который реализует тормоз, что приводит к значительному увеличению реализованной тепловой мощности и температуры в зоне контакта. Существующие фрикционные материалы из-за недостаточно благоприятных трибологических свойств не в полной мере отвечают этим требованиям.

Решение актуальной проблемы торможения на АТС требует разработки новых фрикционных материалов для дисковых тормозов, отличающихся более высокими прочностными характеристиками, а также стойкостью к термоударам за счет улучшения теплофизических свойств материала: температуропроводности, теплопроводности, теплоемкости и плотности. Для успешного и результативного проведения исследований экспериментальной направленности необходимо выполнение предварительного сравнительного экспресс-расчета тепловых характеристик разных вариантов фрикционных пар, позволяющего существенно ограничить объем стендовых испытаний. Таким образом, целесообразной представляется разработка упрощенной методики теплового расчета рабочего процесса исполнительного механизма автомобильного дискового тормоза.

Между тем существующие аналитические решения указанной тепловой задачи [3, 4] усложнены и излишне адаптированы к конкретным вариантам тормозов, что не позволяет расширить область возможных решений на остальные варианты, в т.ч. связанные с заменой материала тормозных колодок.

Цель работы – разработка упрощенной расчётной методики определения температурных временных зависимостей процесса торможения в зоне фрикционного контакта тормозных пар дискового тормоза автомобилей для разных видов фрикционных материалов колодок.

Результаты исследований. Решение указанных выше проблем легло в основу создания новых фрикционных материалов на основе модифицированных углерод-углеродных композитов (С-С композитов). Лабораторные исследования были направлены на определение эффективности тормозов в целом, а также исследование и обеспечение стабильности трибологических характеристик в функции температуры, скорости скольжения и давления в контактной зоне фрикционных пар [4, 5].

Тепловой баланс фрикционной пары исполнительного механизма дискового тормоза (рис. 1) в полных дифференциалах в упрощенном виде может быть представлен в виде следующих соотношений:

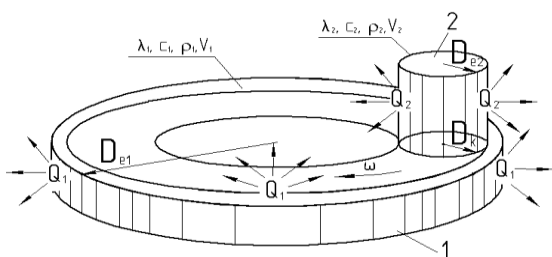


Рис.1. Расчётная схема дискового тормоза:
1 – диск, 2 – тормозная колодка

$$Q_1 dt + \rho_1 c_1 V_1 dT_1 = a_1 \omega M_T dt; \quad (1)$$

$$Q_2 dt + \rho_2 c_2 V_2 dT_2 = a_2 \omega M_T dt, \quad (2)$$

где Q_1 и Q_2 – потоки теплоты соответственно от диска и от тормозной колодки в окружающую среду;

t – время;

T_1, T_2 – осредненные температуры соответственно материалов диска и колодки;

ω – угловая частота вращения диска;

M_T – тормозной момент;

ρ_1, ρ_2 – плотность соответственно материалов диска и колодки;

c_1, c_2 – теплоемкость соответственно материалов диска и колодки;

V_1 и V_2 – объемы соответственно диска и колодок;

a_1, a_2 – среднеэффективные коэффициенты распределения тепловых потоков [6].

Упрощенно считая процесс распространения теплоты в телах колодки и диска аналогичным тепловому процессу в цилиндрических стенках, определим термическое сопротивление теплопередачи диска и колодки в виде

$$R_D = R_1 + R_{1B}; \quad (3)$$

$$R_K = R_2 + R_{2B}, \quad (4)$$

где R_1 и R_2 – термические сопротивления тел диска и колодки;

R_{1B} и R_{2B} – термические сопротивления воздухоомываемых участков границ диска и колодки.

При этом

$$R_1 = \frac{D_K \ln \frac{D_{e1}}{D_K}}{2\lambda_1} = \frac{\ln \sqrt{\frac{f_1}{f_K}} \sqrt{\frac{4f_K}{\pi}}}{2\lambda_1} = \frac{\ln \frac{f_1}{f_K} \sqrt{\frac{f_K}{\pi}}}{2\lambda_1} \quad (5)$$

$$R_2 = \frac{D_K \ln \frac{D_{e2}}{D_K}}{2\lambda_2} = \frac{\ln \frac{f_2}{f_K} \sqrt{\frac{f_K}{\pi}}}{2\lambda_2} \quad (6)$$

где D_K – эквивалентный диаметр колодки в зоне сопряжения с диском;

D_{e1} и D_{e2} – эквивалентные диаметры соответственно воздухоомываемой поверхности диска и колодки;

λ_1 и λ_2 – коэффициенты теплопроводности соответственно материалов диска и колодки;

f_1 и f_2 – площади соответственно воздухоомываемой поверхности диска и колодки.

Термическое сопротивление воздухоомываемых участков деталей тормозной пары имеет вид:

$$R_{1в} = \frac{f_K}{\alpha_1 f_1}; \quad R_{2в} = \frac{f_K}{\alpha_2 f_2}, \quad (7)$$

где $\alpha_{1,2} = 16,7 \cdot (1 + 1,33 \cdot W^{0,5})$ вычисляется по формуле профессора Иноземцева В.Г.;

W – скорость движения.

С учётом выражений (3) – (7) потоки теплоты от деталей тормозной пары в воздух имеют вид:

$$Q_1 = \frac{(T_K - T_B) f_K}{R_1 + R_{1B}}, \quad (8)$$

$$Q_2 = \frac{(T_K - T_B) f_K}{R_2 + R_{2B}}, \quad (9)$$

где T_K и T_B – температура контакта поверхностей пары трения и соответственно атмосферного воздуха.

С учётом (7), (8) дифференциальные уравнения (1), (2) приобретают вид:

$$a_1 \omega M_T dt - \frac{(T_K - T_B) f_K}{R_1 + R_{1B}} dt = \beta_1 \rho_1 c_1 V_1 dt; \quad (10)$$

$$a_2 \omega \dot{\lambda} dt - \frac{(T_K - T_{\dot{\lambda}}) f_K}{R_2 + R_{2\dot{\lambda}}} dt = \beta_2 \rho_2 c_2 V_2 dt, \quad (11)$$

где $\beta_{1,2} = dT_{1,2}/dT_K$ – среднеэффективный коэффициент, определяющий среднедействующее соотношение темпа роста средних температур $T_{1,2}$ материалов деталей фрикционной пары в сравнении с темпом роста температуры фрикционного контакта T_K ; определяется по результатам экспериментальных исследований пробных вариантов, для предварительных расчетов допускается принимать значение $1/2$.

Разделив левую и правую части уравнений (10) и (11) на $T_K - T_B$, получим

$$\left(\frac{a_1 \omega M_T}{(T_K - T_B)} - \frac{f_K}{R_1 + R_{1B}} \right) dt = \beta_1 \rho_1 c_1 V_1 \frac{dT_K}{(T_K - T_B)}; \quad (12)$$

$$\left(\frac{a_2 \omega \dot{\lambda}}{(T_K - T_B)} - \frac{f_K}{R_2 + R_{2B}} \right) dt = \beta_2 \rho_2 c_2 V_2 \frac{dT_K}{(T_K - T_B)}. \quad (13)$$

Непосредственное интегрирование уравнений (12), (13) невозможно вследствие неизвестности временной зависимости $T_K - T_B$ от t . Поэтому усредним по времени разность $T_K - T_B$ в

знаменателе первого члена левых частей выражений (12), (13):

$$\frac{1}{T_K - T_B} = \frac{T_K - T_B + T_{K0} - T_B}{2} = \frac{T_K + T_{K0} - 2T_B}{2}, \quad (14)$$

где T_{K0} – начальное (при $t = 0$) значение температуры зоны фрикционного контакта.

Интегрируя и затем потенцируя (12) и (13), с учетом (14) получим

$$T_K = T_{K0} - T_B + T_B \exp \left[\left(\frac{a_1 \omega M_T}{0,5(T_K + T_{K0} - 2T_B)} - \frac{f_K}{R_1 + R_{1B}} \right) \frac{t}{\beta_1 \rho_1 c_1 V} \right]; \quad (15)$$

$$T_K = T_{K0} - T_B + T_B \exp \left[\left(\frac{a_2 \omega \dot{\lambda}}{0,5(T_K + T_{K0} - 2T_B)} - \frac{f_K}{R_2 + R_{2B}} \right) \frac{t}{\beta_2 \rho_2 c_2 V} \right]. \quad (16)$$

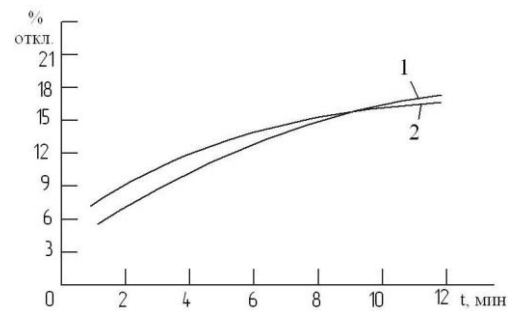


Рис. 2. Зависимость процента отклонений по времени процесса торможения:

1 – фрикционная пара: металлокерамика по чугуну, 2 – С-С композит по чугуну

Для расчёта приняты такие исходные данные: начальная скорость торможения 60 км/ч, полная масса автомобиля $G = 9600$ кг; коэффициент распределения удельной тормозной силы – 0,5; коэффициент теплопроводности материала диска (чугун ЧНМХ): $\lambda = 51,0$ Вт/м К; коэффициент температуропроводности $a = 14 \cdot 10^{-6}$ м²/с согласно экспериментальным данным. Коэффициент теплопроводности материала колодки (металлокерамика М-106): $\lambda = 28,4$ Вт/м К; коэффициент температуропроводности $a = 0,4 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Шаг изменений параметров по времени при проведении расчетов был принят 1 мин. Номинальная толщина диска составляла 0,02 м при диаметре 0,42 м.

Таким образом, достигнутую степень соответствия расчета экспериментальным данным, учитывая ограниченный уровень предполагаемого объема и назначения предлагаемой методики, следует считать вполне удовлетворительной. В связи с этим полученные в данной работе расчетные соотношения можно предложить для применения при проведении сравнительных предварительных расчетов тепловых характеристик исполнительного

механизма автомобильного дискового тормоза, изготовленного из разных материалов.

Выводы. В результате проведенных теоретических исследований поставлена и решена с достаточной степенью приближения тепловая задача нестационарного теплообмена в системе “тормозные колодки-диск-окружающая воздушная среда” в квазиодномерной постановке. Отклонения результатов расчётов, выполненных по предложенной методике для традиционных материалов, имели отклонения от экспериментальных данных в пределах 16-18%, что следует считать удовлетворительным результатом. Предлагаемые расчётные соотношения целесообразно использовать для приближенных предварительных тепловых расчётов вариантов фрикционных пар автомобильного дискового тормоза, имеющих сравнительную направленность.

Л и т е р а т у р а

1. Карпінос Д.М., Тучинський Л.І. Композиційні ма-теріали в техніці. – К.: Техніка, 1985 – 152 с.
2. Булавкин А.С. Особенности сумісного використання дискових і барабанных гальмівних механізмів на легкових автомобілях: дис. канд. техн. наук: 05. 05. 03. – Харків, 1984. – 214 с.
3. Голубенко А.Л., Старченко В.Н., Гурип І.В. Фрикционные углерод-углеродные композиты для тормозных устройств подвижного состава // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. – Луганск, 2006. – №8 (102), частина 2. – С. 256-261.
4. Композитний матеріал на основі вуглець-вуглець для фрикційних елементів: Патент на винахід №82267. Україна. МПК С04В 35/83, С04В 35/52, F16D 69/00/ Старченко В.М., Полупан Є.В., Шевченко С.І. (UA). Заявл. 03.05.2006; опубл. 25.03.08, Бюл. №6. – 4 с.
5. Чичинадзе А.В. Расчет и исследования внешнего трения при торможении. М.: Наука, 1967. – 396 с.
6. Тормозные устройства: справочник под ред. М.П. Александрова. – М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.
7. Коляса О.Л. Обґрунтування теплової моделі дискових гальмівних механізмів автомобільних коліс: дис. канд. техн. наук: 05.22.02. – Львів, 2002. – 132 с.
8. Яворський Я.П. Вдосконалення методу теплового розрахунку автомобільних дискових гальм при тривалих гальмуваннях на основі комп'ютерного моделювання: дис. канд. техн. наук: 05.22.02. – Львів, 2004. – 146 с.

References

1. Karpinos D.M., Tuchinsk'ij L.I. Kompozicionnye materialy v tehnikе. – K.: Tehnika, 1985. – 152 s.
2. Bulavkin A.S. Osobennosti sovmestnogo ispol'zovaniya diskovyh i barabannyh tormoznyh mehanizmov na legkovykh avtomobiljah: dis. kand. tehn. nauk: 05. 05. 03. – Kharkiv, 1984. – 214 s.
3. Golubenko A.L., Starchenko V.N., Gurin I.V. Frikcionnye uglerod-uglerodnye kompozity dlja tormoznyh ustrojstv podvizhnogo sostava // Visn. Shidnoukr. nac. un-tu. – Lugansk, 2006. – №8 (102), chastina 2. – S. 256-261.

4. Kompozitnyj material na osnove uglerod-ugleroda dlja frikcionnyh jelementov: Patent na izobretenie №82267. Ukraina. MPK S04V 35/83, S04V 35/52, F16D 69/00/ Starchenko V.N., Polupan E.V., Shevchenko S.I. (UA). Zajavl. 03.05.2006; opubl. 25.03.08, Bjul. №6. – 4 s.

5. Chichinadze A.V. Raschet i issledovanija vneshnego trenija pri tormozhenii. M.: Nauka, 1967. – 396 s.

6. Tormoznye ustrojstva: spravochnik pod red. M.P. Aleksandrova. – M.: Mashinostroenie, 1985. – 312 s.

7. Koljasa O.L. Obosnovanie teplovoj modeli diskovyh tormoznyh mehanizmov avtomobil'nyh koljos: dis. kand. tehn. nauk: 05.22.02. – L'vov, 2002. – 132 s.

8. Javorskij Ja.P. Uovershenstvovanie metoda teplovogo raschjota avtomobil'nyh diskovyh tormozov pri dlitel'nyh tormozhenijah na osnove komp'juternogo modelirovanija: dis. kand. tehn. nauk: 05.22.02. – L'vov, 2004. – 146 s.

Starchenko V.N., Tenishev V.E.

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THERMAL PROCESSES OF FRICTION DISC BRAKE FRICTION PAIRS OF CARS

Shows the conversion scheme and the results of mathematical modelling of thermal processes in the Executive car disk brake mechanism. Performed calculations of temperature on conjugate surfaces of friction pairs of friction during unsteady process, while braking to resolve recurring correlations used iterative methods with "zero" approximation. Using the proposed methodology to establish the estimated temperature-time dependencies in the disc brake linings, motor vehicle provided sufficient reliable data on their thermal condition that confirmed the results of experimental research. New development perspectives of friction materials based on modified carbon-carbon c-c composites.

Key words: mathematical model, thermal processes, disc brake, car, c-c composites.

Старченко Валерій Николаевич – д. т. н., проф., ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: profstarchenko@gmail.com

Starchenko Valery Nikolayevich – Dr. of Technical Science, prof., Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

Тенишев Валерий Евгеньевич – инженер-исследователь, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: valera_tenishev@mail.ru

Tenishev Valery Evgenyevich - engineer, Department of Vladimir Dahl Lugansk National University.

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 621.51

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КАСКАДНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Сторчеус Ю.В., Доценко Д.М., Сердобинцева Е.В.

RESEARCH OF INDICATORS WORK OF CASCADE HEAT COMPRESSORS

Starcheous Y.V., Dotsenko D.M., Serdobintseva E.V.

Представлены принципиальные схемы и изложены особенности рабочего процесса каскадных тепловых компрессоров на базе каскадного трансформатора энергии. Выявлены факторы, влияющие на эффективность работы каскадных трансформаторов энергии и проанализированы параметры компрессоров в составе системы получения сжатого воздуха в энергетических машинах. Предложены пути повышения уровня энергосбережения в системах получения сжатого воздуха на транспорте. Выработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию характеристик тепловых компрессоров каскадного типа.

Ключевые слова: компрессор, теплообмен, каскадный энергообмен, генератор газов, эффективность.

Постановка проблемы. В общем объеме потребления сжатого воздуха на различных видах транспорта, в том числе и железнодорожного, наибольшая доля приходится на подвижной состав. Энергия сжатого воздуха используется в системе воздухообеспечения двигателя, тормозных системах, а также для поддержания микроклимата в вагонах и служебных помещениях.

Для повышения рентабельности железнодорожных перевозок, в том числе, необходима и оптимизация процесса воздухообеспечения основных и вспомогательных агрегатов подвижного состава.

Анализ последних достижений и публикаций. Существенная экономия энергоресурсов может быть обеспечена использованием тепловых машин нового поколения, основанных на принципах непосредственного обмена энергией газоздушных сред, реализуемого в агрегатах каскадно-рекуперативного сжатия - каскадных трансформаторах энергии [1, 2], обладающих высокими показателями энергетической эффективности.

Среди разработанного на кафедре ДВС ЛНУ им. В. Даля устройств каскадного энергообмена для производства сжатого воздуха весьма перспективным представляется использование

простых и надёжных компрессорных систем, причем как в одноступенчатом, так и в двухступенчатом исполнении.

Одноступенчатые каскадные тепловые компрессоры (КТК), сочетающие в себе достаточно высокую эффективность и простоту конструкции, могут находить применение в системах нагнетания с максимальным давлением до 0,4-0,5 МПа. Значительно большая напорность (1,2-1,4 МПа) и энергетическая эффективность достигается в двухступенчатых тепловых компрессорах каскадного типа, сжатие воздуха в которых осуществляется последовательно в двух обменниках [3, 4].

Энергетическим источником рабочего цикла каскадных компрессоров является теплота любого происхождения. Тем не менее, для привода продувочного и вытеснительного вентиляторов необходимо привлечение механической энергии, что несколько снижает автономность компрессора и усложняет его конструкцию.

Задачи исследования. Целью данной работы является исследование характеристик тепловых компрессоров каскадного типа для подвижного состава.

Результаты исследования. Широкая функциональность каскадных трансформаторов энергии проявляется в возможности создания на их основе компрессора прямого преобразования тепловой энергии в сжатый воздух. Рассмотрим устройство каскадного теплового компрессора.

В простейшей схеме теплового компрессора (рис. 1, а) окно подвода высокого давления 2 сообщено с окном отвода высокого давления 3 посредством канала 4 с размещенным в нем источником теплоты 5 (внутреннего сгорания или внешнего теплоподвода). Патрубок 6 отвода сжатого воздуха к потребителю подключен к каналу 4 между окном 3 и источником теплоты 5. Часть нагнетаемого обменником 1 воздуха через патрубок 6 отводится к потребителю, другая – через канал 4 направляется в источник теплоты 5, где

подогревается, и далее подводится к окну 2 в качестве сжимающей среды [5].

Простота одноступенчатого КТК обуславливает привлекательность его применения в системах воздухообеспечения с максимальным давлением нагнетания до 0,4...0,5 МПа в зависимости от максимальной температуры цикла T_z .

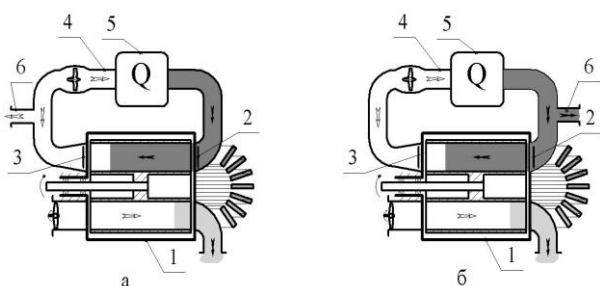


Рис. 1. Принципиальная схема теплового компрессора а) и генератора газов б)

Конструкция КТК легко трансформируется в каскадный генератор газа (КГГ) путем подключения патрубка отвода рабочего тела к каналу 4 между источником теплоты 5 и окном 2 подвода сжимающей среды. Характеристики производительности генератора газов (рис. 1 б) аналогичны показателям теплового компрессора, но отличаются более высокими значениями энергетического КПД.

На рис. 2 представлена схема модернизированного каскадного теплового компрессора с промежуточным охлаждением сжимаемого воздуха и подогревом сжимающей среды.

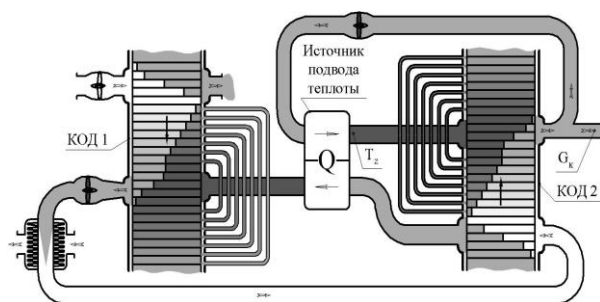


Рис. 2. Принципиальная схема двухступенчатого теплового компрессора

Нагнетание воздуха в данном устройстве осуществляется в результате последовательного сжатия холодного воздуха и расширения горячего воздуха в агрегатах первой и второй ступеней. При этом соотношение степеней сжатия воздуха в первой и второй ступенях не является произвольным, поскольку, с одной стороны, подчинено условию баланса расходов рабочих сред в линиях высокого давления первой ступени и

низкого давления второй ступени, с другой – условию обеспечения продувки и вытеснения рабочих сред в ячейках роторов обоих обменников [6].

Напорность КТК зависит от относительного расхода сжатого воздуха \bar{G} отб, представляющего собой отношение расхода воздуха, отведенного к потребителю, к массовой пропускной способности ротора. Максимальные параметры по критерию оптимизации энергозатрат заметно возрастают с повышением температуры цикла T_z (рис. 3).

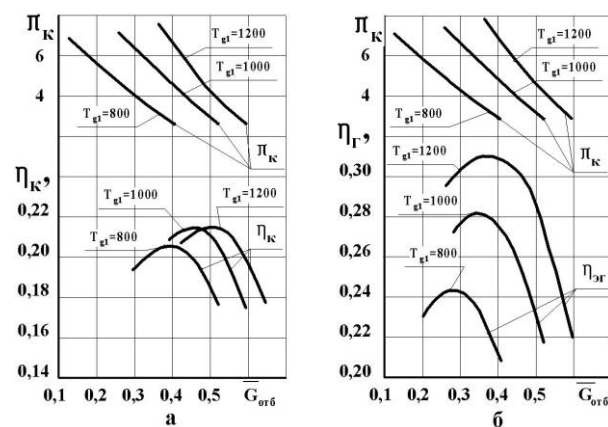


Рис. 3. Характеристики КТК (а) и КГГ (б) при температуре окружающей среды $T_0=293$ К

С увеличением максимальной температуры цикла КПД теплового компрессора повышается, однако при этом граница его работоспособности, по критерию баланса мощности агрегатов турбокомпрессора первой ступени, смещается в сторону более высоких минимальных значений степени повышения давления. Причём указанная граница имеет практически линейную зависимость от максимальной температуры цикла. Отмеченное объясняется тем, что с увеличением температуры, вследствие снижения плотности сжимающей среды в обменнике, возрастает доля сжимаемого воздуха, отводимого к потребителю. В результате снижается расход газов через турбину и уменьшается её мощность [7, 8].

Положительная особенность рабочего цикла двухступенчатого теплового компрессора с промежуточным охлаждением сжимаемого воздуха и промежуточным подогревом сжимающей среды заключается в пологости его гидравлической характеристики. Причем в случае одновременного регулирования частот вращения обменников и напорности вытеснительного вентилятора, в зависимости от общей напорности компрессора, расход нагнетаемого воздуха и КПД компрессора подвержены незначительному влиянию гидравлического сопротивления потребителя в диапазоне эксплуатационных режимов работы установки, сохраняя существенную зависимость только от максимальной температуры цикла T_z .

Выводы. Разработанные конструктивные схемы тепловых компрессоров, в особенности двухступенчатого, благодаря высокой эффективности рабочего цикла каскадно-рекуперативного тепломасообмена позволяют достичь существенного снижения энергозатрат на сжатие воздуха для нужд подвижного состава железных дорог.

Л и т е р а т у р а

1. Сторчеус Ю.В. Каскадные трансформаторы энергии: монография / Ю. В. Сторчеус. – Луганск : изд-во «Нолудж», 2013. – 200 с. – ISBN 978-617-579-708-2.

2. Отопительно-вентиляционные системы для подвижного состава на основе каскадных энергообменников: монография / [Ю.В. Сторчеус, А. А. Данилейченко, В. П. Левчук, и др]; под ред. Ю. В. Сторчеуса. – Луганск : изд-во «Нолудж», 2013. – 106 с. – ISBN 978-617-579-700-6.

3. Starcheous, Yuri. Assessment of efficiency of cascade power machines of locomotives / Yuri Starcheous, Oleg Voronov, Alexander Kovtun // TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Rzeszow, 2013. – Vol. 13, №3. – P. 223 - 228.

4. Сторчеус Ю. В. Исследование показателей работы каскадных тепловых компрессоров подвижного состава / Ю. В. Сторчеус, О. В. Воронов, А. С. Ковтун // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Материалы Международной научно-практической конференции (Воронеж, 28 мая 2015 г.) / Под ред. А. А. Платонова. – Воронеж: Руна, 2015. – №1. – С. 68-72.

5. Сторчеус Ю.В. Повышение энергоэффективности транспортных машин путем оптимизации характеристик тепловых компрессоров [Текст] / Ю. В. Сторчеус, Д. М. Доценко, М. Ю. Сторчеус // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2016. - Т. 3. № 1 (4). - С. 132-137.

6. Сторчеус Ю.В. Определение термодинамической эффективности каскадного компрессора транспортной установки / Ю. В. Сторчеус // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2013. - № 18 (207) Ч.2. - С.41 - 45.

7. Сторчеус Ю.В. Транспортные воздушные холодильные машины каскадного типа: монография / Ю. В. Сторчеус, А. А. Данилейченко, М. А. Брянецев. – Луганск : изд-во «Нолудж», 2014. – 120 с. – ISBN 978-617-579-963-5.

8. Доценко Д.М. Повышение надежности системы наддува с трансформаторами энергии для транспортных дизелей [Текст] / Д. М. Доценко, Ю. В. Сторчеус // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. - 2015. - Т. 2. № 2. - С. 430-435.

R e f e r e n c e s

1. Storcheus, Ju. V. Kaskadnye transformatory jenerгии: monografija / Ju. V. Storcheus. – Lugansk : izd-vo «Noulidzh», 2013. – 200 s. – ISBN 978-617-579-708-2.

2. Otopitel'no-ventiljacionnye sistemy dlja podvizhnogo sostava na osnove kaskadnyh jenergoobmennikov: monografija / [Ju. V. Storcheus, A. A. Danilejchenko, V. P. Levchuk, i dr] ; pod red. Ju. V.

Storcheusa. – Lugansk : izd-vo «Noulidzh», 2013. – 106 s. – ISBN 978-617-579-700-6.

3. Starcheous, Yuri. Assessment of efficiency of cascade power machines of locomotives / Yuri Starcheous, Oleg Voronov, Alexander Kovtun // TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Rzeszow, 2013. – Vol. 13, №3. – P. 223 - 228.

4. Storcheus, Ju. V. Issledovanie pokazatelej raboty kaskadnyh teplovyh kompressorov podvizhnogo sostava / Ju. V. Storcheus, O. V. Voronov, A. S. Kovtun // Transportnyj kompleks v regionah: opyt i perspektivy organizacii dvizhenija: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Voronezh, 28 maja 2015 g.) / Pod red. A. A. Platonova. – Voronezh: Runa, 2015. – №1. – С. 68-72.

5. Storcheus, Ju. V. Povyshenie jenergojeffektivnosti transportnyh mashin putem optimizacii harakteristik teplovyh kompressorov [Tekst] / Ju. V. Storcheus, D. M. Docenko, M. Ju. Storcheus // Al'ternativnye istochniki jenerгии v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovanija. - 2016. - Т. 3. № 1 (4). - С. 132-137.

6. Storcheus, Ju. V. Opredelenie termodinamicheskoj jeffektivnosti kaskadnogo kompressora transportnoj ustanovki / Ju. V. Storcheus // Visn. Shidnoukr. nac. un-tu im. V. Dalja. – Lugansk, 2013. - № 18 (207) Ch.2. – S.41 - 45.

7. Storcheus, Ju. V. Transportnye vozdushnye holodil'nye mashiny kaskadnogo tipa: monografija / Ju. V. Storcheus, A. A. Danilejchenko, M. A. Brjancev. – Lugansk : izd-vo «Noulidzh», 2014. – 120 s. – ISBN 978-617-579-963-5.

8. Docenko, D. M. Povyshenie nadezhnosti sistemy nadduva s transformatorami jenerгии dlja transportnyh dizelej [Tekst] / D. M. Docenko, Ju. V. Storcheus // Al'ternativnye istochniki jenerгии v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovanija. - 2015. - Т. 2. № 2. - С. 430-435.

Starcheou Y.V., Dotsenko D.M., Serdobintseva E.V. RESEARCH OF INDICATORS WORK OF CASCADE HEAT COMPRESSORS

Schematic diagrams are submitted and features of working process of cascade thermal compressors on the basis of the cascade transformer of energy are stated. The factors influencing overall performance of cascade transformers of energy are revealed and parameters of compressors as a part of system of receiving compressed air in power cars are analysed. Ways of increase in level of energy saving in systems of receiving compressed air on transport are offered. Recommendations about further improvement of characteristics of thermal compressors of cascade type are developed.

The positive feature of a working cycle of the two-stage thermal compressor with the intermediate cooling of the compressed air and the intermediate heating of the squeezing environment consists in flatness of its hydraulic characteristic. The developed constructive schemes of thermal compressors, thanks to high efficiency of a running cycle, allow to reach essential decrease in energy consumption on compression of air for needs of the rolling stock.

Keywords: compressor, heat exchange, cascade power exchange, generator of gases, efficiency.

Сторчеус Юрий Викторович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР

«Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: yu_stark@mail.ru

Yuriy V. Starcheous – Candidate of Technical Sciences, assistant professor, professor of the «Internal combustion engine» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: yu_stark@mail.ru

Доценко Данил Михайлович – аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: danil-docenko@mail.ru

Danial M. Dotsenko – post-graduate student of the «Internal combustion engine» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: danil-docenko@mail.ru

Сердобинцева Елена Валерьевна – аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: sdpp_vnu@inbox.ru

Elena V. Serdobintseva – post-graduate student of the «Internal combustion engine» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: sdpp_vnu@inbox.ru

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., директор института транспорта и логистики, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.17

УДК 621.43.052

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ НАДДУВА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КАСКАДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЭНЕРГИИ

Сторчеус Ю.В., Антоненко Н.А., Пашко Н.И.

IMPROVING EFFICIENCY OF SUPERVISION SYSTEMS BY APPLICATION OF CASCADE TRANSFORMERS OF ENERGY

Starcheous Y.V., Antonenko N.A., Pashko N.I.

Изложены результаты расчетно-экспериментальных исследований влияния режимных и конструктивных параметров системы наддува на базе каскадного трансформатора энергии на характеристики работы транспортных дизелей. Проанализированы факторы, влияющие на эффективность работы системы наддува комбинированного двигателя. Проведена оценка влияния режимных и конструктивных параметров обменника на показатели работы системы наддува и комбинированного двигателя в целом. Предложены пути повышения уровня энергосбережения в системах наддува и возможности расширения области эффективной работы рассмотренных агрегатов.

Ключевые слова: энергосбережение, двигатель, система наддува, трансформатор энергии, ротор.

Актуальность проблемы. Реализация комплексного подхода к экономии топливно-энергетических ресурсов при необходимости обеспечения высокой удельной мощности комбинированных ДВС предопределила широкое применение в транспортных дизелях свободного газотурбинного наддува (ГТН), который характеризуется достаточно высоким значением КПД, достигаемым, однако, в относительно узком диапазоне режимов работы. Другое ограничение расширения области эффективной работы турбокомпрессора с неизменяемой геометрией связано с возникновением помпажа, сопровождающегося вибрационными нагрузками, при нарушении условий безотрывного обтекания лопаток рабочего колеса. Граница помпажа приближается к области наиболее эффективной работы компрессора со стороны пониженных расходов воздуха, поэтому на практике настройка компрессора производится с учетом возможного снижения пропускной способности поршневой части ДВС, например, вследствие нагароотложений в газораспределительных органах цилиндров [1].

Из-за этого, несмотря на все свои положительные свойства, системы ГТН обладают рядом недостатков, особенно проявляющихся при

эксплуатации транспортных установок в условиях частой смены режимов эксплуатации.

С другой стороны, в последнее время проявляется всё больший интерес к форсированию двигателей наддувом посредством приводных объемных нагнетателей. Преимущества механического наддува (МН) относительно ГТН заключаются в практически неизменном давлении наддува во всем диапазоне режимов работы ДВС, в том числе и в области минимальных частот вращения коленчатого вала, а также отсутствии пульсации давления наддува на переходных режимах работы двигателя. Двигатели с приводным объемным компрессором невосприимчивы к увеличению противодавления выпуску, характерному для КДВС с ГТН, но более энергозатратны.

Таким образом, для обоих способов форсирования ДВС пока не удастся избежать проблемных моментов: неблагоприятная характеристика переходного процесса, обусловленная высокой инерцией ротора турбокомпрессора, и возможность возникновения помпажа на режимах малых нагрузок существенно снижают эффективность ГТН, а необходимость привлечения дополнительной мощности для приводных компрессоров ведёт к перерасходу топлива в дизелях с механическим наддувом.

Анализ исследований. Свойственная лопаточным машинам чувствительность степени повышения давления к расходу рабочей среды и частоте вращения ротора обуславливает интенсивное падение давления наддува при понижении частоты вращения коленчатого вала двигателя и, следовательно, неблагоприятное протекание кривой крутящего момента по скоростной характеристике. Особенно заметно отмеченный недостаток проявляется на неустановившихся режимах работы двигателя [2, 3]. Высокая инерция вращения ротора турбокомпрессора заметно ухудшает качество переходных процессов комбинированного

двигателя. Вследствие этого приемистость и приспособляемость двигателей с турбонаддувом заметно уступают показателям безнаддувного двигателя аналогичной номинальной мощности.

Сравнение реальных термодинамических циклов современных двигателей с циклом Карно показывает, что уже существующие конструкции достигли весьма высокой степени совершенства. Дальнейшее совершенствование экономичности дизелей связано с большим объемом научно-исследовательских работ и значительным увеличением капиталовложений.

Цель работы. Целью настоящей работы является оценка перспектив использования каскадных трансформаторов энергии в системах наддува комбинированных двигателей для повышения уровня энергосбережения на транспорте.

Результаты исследований. Одно из направлений улучшения характеристик наддувных двигателей связано с использованием волновых явлений в газоздушных трактах с целью улучшения наполнения цилиндров на наиболее ответственных режимах работы транспортной установки [2, 4] в различного рода преобразователях (трансформаторах) энергии.

Для организации в потоках газоздушных сред волновых процессов с заданными свойствами применяются различные акустические устройства впускных и выпускных трактов двигателей. Успехи в развитии таких устройств привели к появлению обширного класса газодинамических систем наддува, наиболее эффективными из которых оказались волновые обменники давления (ВОД).

Одной из особенностей ВОД является обеспечение повышенного давления наддува по сравнению с системами турбонаддува в области низких частот вращения коленчатого вала. Особенно заметно это отличие проявляется при работе двигателя на неустановившемся режиме (разгоне). Для ВОД характерен быстрый, в течение нескольких мс, рост давления наддува до максимального значения, что обуславливает высокие динамические характеристики транспортной установки.

Получившие ограниченное применение в системах наддува двигателей внутреннего сгорания, ВОД (система «Comprex») наряду с очевидными достоинствами, связанными с высокой скоростью обменных процессов и способностью обеспечивать высокое давление наддува, имеют ряд недостатков, обусловленных волновым характером обменных процессов.

Отклонение режима работы ВОД от расчетных условий по частоте вращения ротора, расходу и температуре активной среды сопровождается ухудшением показателей воздухооборота ДВС как вследствие рассогласования моментов подключения ячейки ротора к окнам высокого давления с фазами движения первичных волн, так и

вследствие увеличения доли сжатого воздуха, оставшегося в ячейке в момент разобщения её с окнами высокого давления. Кроме того, неизбежные диссипативные явления в процессах формирования и взаимодействия сильных ударных волн ограничивают КПД лучших образцов волновых обменников давления на расчетных режимах значениями 0,55..0,56 [1, 2, 5, 6].

Другое направление развития устройств агрегатов непосредственного взаимодействия газоздушных сред каскадного сжатия связано с созданием каскадных трансформаторов энергии, например, используемых для наддува ДВС каскадных обменников давления (КОД).

Принцип действия КОД подробно описан в работах [3, 4, 7]. В каскадном обменнике давления, в отличие от волнового, сжатие воздуха осуществляется в энергетически более рациональных квазистационарных процессах с незначительной амплитудой формируемых волн [8]. В этом случае не только нивелируются диссипативные явления волнового взаимодействия газовых сред, но и в значительной мере снижается чувствительность рабочего процесса КОД к картине взаимодействия первичных волн с передними кромками газораспределительных окон, легко разрушаемой при отклонении частоты вращения ротора или параметров сжимающего газа от расчетных значений.

Типичная конструкция обменника (рис. 1) представляет собой ротор с продольными напоробменными каналами, вращающийся в статоре, в одной из торцевых крышек которого размещены массообменные каналы, а также окна подвода и отвода сжимающего газа, в другой – окна подвода и отвода сжимаемого воздуха. Ротор приводится во вращение с частотой 2000...3500 мин⁻¹ при помощи электродвигателя или другого привода незначительной мощности.



Рис. 1. Каскадный трансформатор энергии (каскадный обменник давления)

В ВОД значительная часть обмена энергией осуществляется передачей количества движения фронтом распространяющейся вдоль ячейки волны. Количество движения, передаваемое волной возмущения сжимаемому воздуху, зависит от соотношения плотностей взаимодействующих сред.

Поэтому снижение плотности сжимающего газа при повышении его температуры при прочих равных условиях сопровождается уменьшением производительности ВОД. Ввиду отмеченного, волновой обменник давления уступает каскадному в отношении эффективности использования тепловой составляющей располагаемого теплоперепада.

Таким образом, с точки зрения утилизации «сбросной» теплоты теплосиловых установок и способности преобразования тепловой энергии в механическую рабочий цикл КОД является более совершенным.

Наиболее полно энергетическое совершенство каскадных обменников раскрывается в комбинированных системах наддува и охлаждения наддувочного воздуха.

Глубокое охлаждение воздуха, подаваемого в цилиндры двигателя (ниже температуры окружающей среды), является действенным средством снижения термической напряженности цилиндропоршневой группы и повышения плотности свежего заряда.

Не менее важным положительным аспектом глубокого охлаждения наддувочного воздуха является повышение топливной экономичности благодаря повышению термического КПД дизельного цикла ввиду расширения его температурных пределов и возможности повышения действительной степени сжатия.

Несмотря на перспективность данного направления, известны немногочисленные попытки организации рабочего процесса КДВС с глубоким охлаждением заряда, вероятно, из-за отсутствия высокоэффективных воздушных холодильных машин. Оснащение традиционных систем наддува сложными устройствами низкотемпературного охлаждения не всегда является оправданным, поскольку эксплуатационные преимущества такого комбинированного двигателя с охлаждением заряда на впуске в значительной мере нивелируется энергозатратами на осуществление холодильного цикла [4].

В системах наддува с КОД энергетическим источником и хладагентом может служить избыточный относительно потребляемого поршневой частью двигателя воздух, нагнетаемый обменником. В этом случае агрегат воздуходообеспечения одновременно является составной частью холодильной установки. В разработанном на кафедре ДВС ЛНУ им. В. Даля устройстве, согласно схеме, показанной на рис. 2, в качестве детандер-компрессора используется каскадный обменник давления КОД 2, контур низкого давления которого подключен к холодильнику глубокого охлаждения.

Система наддува КОД обеспечивает практически любую требуемую внешнюю характеристику наддува (рис. 3) и осуществляет глубокое охлаждение наддувочного воздуха путем детандерного расширения избытка нагнетаемого в

КОД 1 воздуха до температуры ниже окружающей среды с последующим его использованием в качестве хладагента второй ступени охладителя.

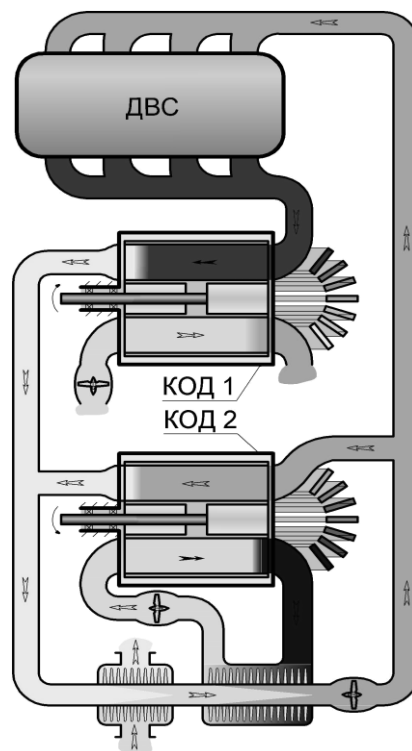


Рис. 2. Система наддува с каскадным обменником давления

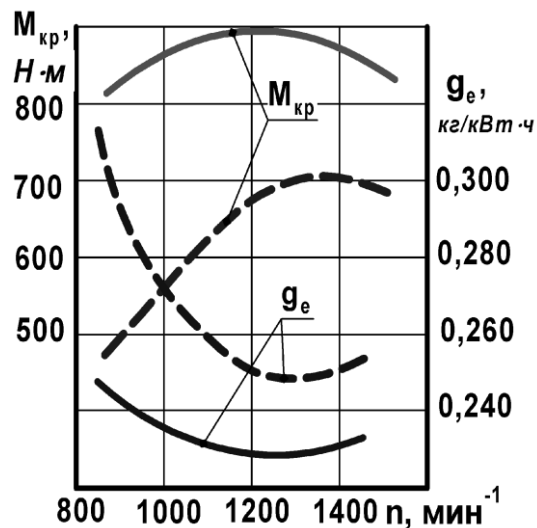


Рис. 3. Основные показатели работы КДВС:
 — с турбонаддувом,
 - - с КОД

Выводы. 1. Высокая энергетическая эффективность каскадных обменников давления, проявляющаяся в значительном превышении расхода нагнетаемого воздуха относительно расхода сжимающих газов, раскрывает перспективу создания систем наддува с качественно новыми

показателями воздухообеспечения комбинированных двигателей в широком диапазоне эксплуатационных режимов.

2. Применение разработанной системы наддува обеспечивает увеличение коэффициента приспособляемости по крутящему моменту в среднем на 10% при одновременном росте эффективного КПД дизеля по скоростной характеристике на 3–5% и снижении удельного эффективного расхода топлива на 3,4%.

Л и т е р а т у р а

1. Крайнюк А.И. Системы газодинамического наддува: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус. – Луганск: ВУГУ, 2000. – 224 с. – ISBN 966-590-102-8.

2. Волновые обменники давления в системах наддува двигателей внутреннего сгорания: монография / [А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус, В. П. Левчук и др.]; под ред. Ю. В. Сторчеуса. – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2013. – 155 с. – ISBN 978-617-579-639-9.

3. Крайнюк А.И. Исследования физической сущности процессов трансформации энергии на принципах каскадно-теплого сжатия: монография / А. И. Крайнюк, Ю. В. Сторчеус; [отв. ред. Ю. В. Сторчеус]. – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2012. – 118 с. – ISBN 978-617-579-597-2.

4. Сторчеус Ю. В. Каскадные трансформаторы энергии: монография / Ю. В. Сторчеус. – Луганск: изд-во «Ноулидж», 2013. – 200 с. – ISBN 978-617-579-708-2.

5. Сторчеус Ю. В. Повышение эффективности работы автомобильных дизелей с волновыми обменниками давления на нерасчетных режимах [Текст] / Ю. В. Сторчеус, Д. М. Доценко, Н. А. Антоненко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2016. – № 5-4 (25-4). – С. 157-162.

6. Сторчеус Ю. В. Расширение области эффективной работы волновых обменников давления систем наддува автомобильных дизелей / Ю. В. Сторчеус, Н. А. Антоненко, Д. М. Доценко // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации [Электронный ресурс]: материалы Международной научно-практической конференции, 7–9 декабря 2016 г. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – С. 712-717.

7. Сторчеус Ю. В. Научная деятельность кафедры ДВС ВНУ им. В. Даля / Ю. В. Сторчеус // Двигатели внутреннего сгорания: сб. науч. тр. / НТУ «ХПИ». – Х., 2011. – № 1. – С. 68 - 72.

8. Сторчеус Ю. В. Моделирование одномерных процессов теплообмена в энергетических установках каскадного типа / Ю. В. Сторчеус, О. В. Воронов // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 4. – С. 47 – 51.

R e f e r e n c e s

1. Krajnjuk, A. I. Sistemy gazodinamicheskogo nadduva: monografija / A. I. Krajnjuk, Ju. V. Storcheus. – Lugansk: VUGU, 2000. – 224 s. – ISBN 966-590-102-8.

2. Volnovye obmenniki davlenija v sistemah nadduva dvigatelej vnutrennego sgoranija: monografija / [A. I. Krajnjuk, Ju. V. Storcheus, V. P. Levchuk i dr.]; pod red. Ju. V. Storcheusa. – Lugansk: izd-vo «Noulidzh», 2013. – 155 s. – ISBN 978-617-579-639-9.

3. Krajnjuk, A. I. Issledovanija fizicheskoj sushhnosti processov transformacii jenerгии na principah kaskadno-

teplovogo szhatija: monografija / A. I. Krajnjuk, Ju. V. Storcheus; [otv. red. Ju. V. Storcheus]. – Lugansk: izd-vo «No-ulidzh», 2012. – 118 s. – ISBN 978-617-579-597-2.

4. Storcheus, Ju. V. Kaskadnye transformatory jenerгии: monografija / Ju. V. Storcheus. – Lugansk: izd-vo «Noulidzh», 2013. – 200 s. – ISBN 978-617-579-708-2.

5. Storcheus, Ju. V. Povyshenie jeffektivnosti raboty avtomobil'nyh dizelej s volnovymi obmennikami davlenija na neraschetnyh rezhimah [Tekst] / Ju. V. Storcheus, D. M. Docenko, N. A. Antonenko // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. - 2016. - № 5-4 (25-4). - S. 157-162.

6. Storcheus, Ju. V. Rasshirenie oblasti jeffektivnoj raboty volnovyh obmennikov davlenija sistem nadduva avtomobil'nyh dizelej / Ju. V. Storcheus, N. A. Antonenko, D. M. Docenko // Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno transportnyj komplekсы: problemy, perspektivy, novicii [Elektronnyj resurs]: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 7–9 dekabrja 2016 g. – Jelektron. dan. – Omsk: SibADI, 2016. – S. 712-717.

7. Storcheus, Ju. V. Nauchnaja dejatel'nost' kafedry DVS VNU im. V. Dalja / Ju. V. Storcheus // Dvigateli vnutrennego sgo-ranija: sb. nauch. tr. / NTU «HPI». – H., 2011. – № 1. – S. 68 - 72.

8. Storcheus, Ju. V. Modelirovanie odnomernyh processov teplomassoobmena v jenergeticheskikh ustanovkah kaskadnogo tipa / Ju. V. Storcheus, O. V. Voronov // Nauka i tehnika transporta. – 2015. – № 4. – S. 47 – 51.

Starcheou Y.V., Antonenko N.A., Pashko N.I.

IMPROVING EFFICIENCY OF SUPERVISION SYSTEMS BY APPLICATION OF CASCADE TRANSFORMERS OF ENERGY

Results of settlement pilot studies of influence of regime and design data of system of pressurization on the basis of the cascade transformer of energy on characteristics of operation of transport diesels are stated. The factors influencing overall performance of system of pressurization of the combined engine are analysed. The assessment of influence of regime and design data of an exchanger on indicators of work of system of pressurization and the combined engine in general is carried out. Ways of increase in level of energy saving in systems of pressurization and a possibility of expansion of field of effective operation of the considered units are offered.

The high power efficiency of cascade exchangers of pressure which is shown in considerable excess of a consumption of the forced air concerning a consumption of the squeezing gases discloses the prospect of creation of systems of pressurization with qualitatively new indicators of a air supplying of the combined engines in the wide range of the operational modes.

Keywords: energy saving, engine, system of pressurization, energy transformer, rotor.

Сторчеус Юрий Викторович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: yu_stark@mail.ru

Yuriy V. Starcheou – Candidate of Technical Sciences, assistant professor, professor of the «Internal

combustion engine» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: yu_stark@mail.ru

Антоненко Наталья Анатольевна – аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: nata_ant@mail.ru

Natalia A. Antonenko – post-graduate student of the «Internal combustion engine» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: nata_ant@mail.ru

Пашко Никита Игоревич – студент гр. ТЛ-841 кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО

ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: niki.quincy@mail.ru

Nikita I. Pashko – student gr. TL-841 of the «Internal combustion engine» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: niki.quincy@mail.ru

Рецензент: Нечаев Г.И., д.т.н., проф., директор института транспорта и логистики, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.17

УДК 656.56

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ИХ СПОСОБНОСТЬ ПРОТИВОСТОЯТЬ РАЗВИТИЮ ПРОЦЕССОВ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Тарарычкин И.А.

INFLUENCE OF STRUCTURAL FEATURES OF PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR THEIR ABILITY TO RESIST THE DEVELOPMENT OF DAMAGE PROCESSES

Tararychkin I.A.

Выполнен анализ влияния структурных особенностей систем трубопроводного транспорта на их способность противостоять процессу последовательного повреждения линейных элементов. Показано, что повышение стойкости наблюдается с увеличением числа трубопроводов, исходящих из узла – источника, и с увеличением числа трубопроводов, сходящихся к узлам – потребителям целевого продукта. Кроме того, уменьшение количества распределительных узлов в составе системы оказывает существенное влияние на рост значений показателя стойкости сетевой структуры к процессу последовательного повреждения трубопроводов.

Ключевые слова: система, структура, трубопровод, узел, моделирование.

Введение. Трубопроводные транспортные системы применяют в различных отраслях промышленного производства при доставке веществ, обладающих разными свойствами. Наибольшую опасность для персонала и окружающей среды представляют ядовитые, взрывоопасные и легковоспламеняющиеся продукты, поскольку аварии с их участием приводят не только к финансовым потерям и материальному ущербу, но и могут сопровождаться гибелью людей.

Снизить ожидаемый ущерб от возможного развития аварийных ситуаций можно на стадии проектирования транспортных систем путем принятия и реализации соответствующих решений.

Развитие процесса повреждения структуры трубопроводной системы может быть связано с переходом в неработоспособное состояние отдельных трубопроводов в результате различных причин. Если развитие аварийной ситуации связано со случайным переходом в неработоспособное состояние ряда трубопроводов, то такого рода события могут привести к полному или частичному отключению потребителей от источника целевого продукта.

Такого рода случайный процесс последовательного перехода в неработоспособное состояние трубопроводов транспортной системы в дальнейшем рассматривается как прогрессирующее повреждение.

Способность трубопроводной системы выполнять свои функции при развитии процесса прогрессирующего повреждения называется стойкостью и в значительной мере зависит от ее сетевой структуры.

Поскольку в составе структуры трубопроводной системы имеется большое число избыточных связей, то переход в неработоспособное состояние одного или нескольких трубопроводов может и не приводить к изменению объемов продукта, доставляемого потребителям. Если же процесс повреждения линейных элементов (трубопроводов) продолжится, то на каком-то этапе доставка целевого продукта потребителям будет прекращена.

Характеристикой процесса прогрессирующего повреждения является показатель стойкости F_w , представляющий собой среднюю долю трубопроводов системы, которые должны быть повреждены в случайном порядке для прекращения доставки целевого продукта всем потребителям.

Стойкость трубопроводной транспортной системы к прогрессирующим повреждениям в значительной мере зависит от ее структуры, однако в технической литературе отсутствует системная информация по этому вопросу [1-3].

Таким образом, изучение влияния структурных особенностей и изменений в структуре трубопроводных систем на их способность сопротивляться развитию процесса прогрессирующих повреждений представляет научный интерес и имеет важное практическое значение.

Цель работы. Целью настоящей работы является изучение влияния структурных особенностей систем трубопроводного транспорта на их способность сопротивляться развитию прогрессирующего повреждения линейных элементов (трубопроводов).

Описание сетевой структуры трубопроводных систем осуществляется, как правило, с использованием графов. При этом под степенью или валентностью вершины графа понимается количество ребер инцидентности этой вершины [4]. Другими словами, степень вершины характеризует собой количество ребер, непосредственно связанных с этой вершиной.

Степень является важной характеристикой транспортного узла, и можно предположить, что изменение степени (валентности) узлов сетевой структуры трубопроводных систем будет сопровождаться изменением её стойкости к прогрессирующим повреждениям.

Однако здесь имеются и некоторые особенности. Так, с практической точки зрения представляет интерес изучение влияния степени узла-источника целевого продукта на стойкость всей сетевой структуры к прогрессирующим повреждениям. Кроме того, степень узлов-потребителей также следует рассматривать как важнейший фактор, оказывающий влияние на стойкость сетевых структур к повреждениям.

Таким образом, изучение указанного эффекта представляет практический интерес и требует проведения дополнительных исследований и анализа. Возникающие при этом сложности связаны с тем, что методика такого анализа должна обеспечивать возможность оценки влияния на стойкость к прогрессирующим повреждениям только степени (валентности) отдельных узлов, без каких-либо побочных эффектов. Содержание разработанных методик и результаты корректного сопоставления свойств сетевых структур приводятся ниже.

Оценка влияния степени узла-источника на стойкость сетевой структуры к прогрессирующим повреждениям. Рассмотрим трубопроводную транспортную систему, в составе которой имеется 7 узлов, в том числе источник целевого продукта и 3 потребителя, соединяемых между собой при помощи 12 линейных элементов. Структурная схема такой системы показана на рис. 1,а.

На рис. 1,б представлена сопоставимая структурная схема с таким же количеством узлов и линейных элементов. Отличия этих двух структур связаны с тем, что степень узла-источника в первом случае будет 3, а во втором - 6. Таким образом, при переходе от первой структуры ко второй имеет место двукратный рост степени (валентности) узла-источника.

Имитационное моделирование процесса прогрессирующего повреждения позволяет

установить следующее значение показателя стойкости для первой из структур:

$$F_W = 0,598.$$

Соответственно для второй структуры:

$$F_W = 0,718.$$

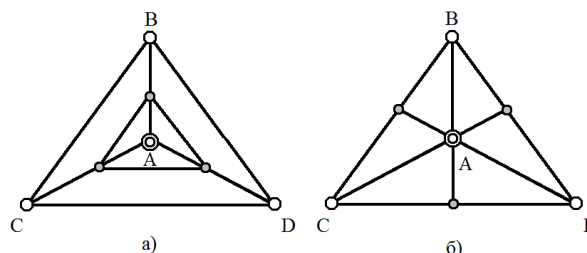


Рис. 1. Сопоставимые структурные схемы систем с валентностью узлов-источников 3 (а) и 6 (б). А – источник продукта, В, С, и D – потребители

Таким образом, двукратное повышение валентности узла-источника приводит к росту показателя стойкости структуры к прогрессирующим повреждениям примерно на 12%. Это означает, что с ростом степени узла-источника наблюдается некоторый рост значений показателя F_W , при этом с практической точки зрения такого рода рост следует оценивать как умеренный.

Оценка влияния степени узлов потребителей на стойкость сетевой структуры к прогрессирующим повреждениям. Рассмотрим трубопроводную систему, в составе которой имеется 10 узлов, в том числе источник продукта и 3 потребителя, а также 18 линейных элементов. Структурная схема такой системы показана на рис. 2,а. Сопоставимая структура с тем же количеством узлов и линейных элементов представлена на рис. 2,б.

Отличия указанных структур связаны с тем, что для первой из них кратность узлов-потребителей составляет 3, а для второй - 5. Установленное в результате компьютерного моделирования значение показателя стойкости для первой структуры составляет: $F_W = 0,481$. Для второй структуры: $F_W = 0,740$.

Таким образом, увеличение степени узлов-потребителей на 67 % приводит к росту значений F_W примерно на 54%.

В целом можно заключить, что повышение степени узлов-потребителей оказывает заметное влияние на рост значений показателя стойкости. Это влияние оказывается большим по сравнению со случаем повышения степени узла-источника. Однако здесь также следует иметь в виду, что

количество узлов-потребителей в рассматриваемой системе втрое превышает число узлов-источников.

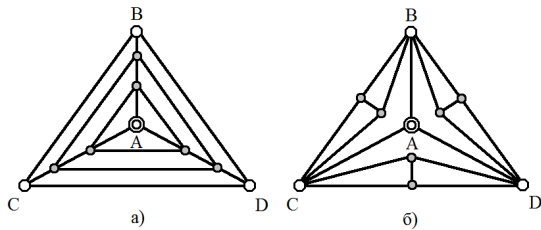


Рис. 2. Сопоставимые структурные схемы систем с валентностью узлов-потребителей 3 (а) и 5 (б)

Оценка влияния количества транспортных узлов на стойкость сетевых структур к прогрессирующим повреждениям. Изучение влияния количества транспортных узлов на стойкость сетевых структур к прогрессирующим повреждениям представляет практический интерес. Однако проведение такого анализа затруднено тем обстоятельством, что процедура добавления в состав структуры отдельных узлов сопровождается и изменением количества линейных элементов.

Так, даже в случае простейшей сетевой структуры с топологией «линия», показанной на рис. 3,а, добавление двух узлов сопровождается, в качестве сопутствующего эффекта, увеличением общего количества линейных элементов на 2 единицы.

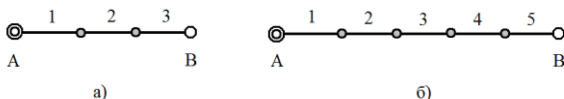


Рис. 3. Структурные схемы трубопроводных систем с топологией «линия» для случая 4-х (а) и 6-ти (б) узлов

Напрямую сравнивать свойства таких структур нельзя из-за разного числа линейных элементов. По этой причине изучение влияния количества транспортных узлов на стойкость сетевых структур к прогрессирующим повреждениям следует осуществлять на основе методики, позволяющей выполнять корректное сопоставление анализируемых структур.

Основу такого рода методики должна составлять процедура формирования сопоставимых объектов, отличающихся количеством транспортных узлов. Рассмотрим в этой связи некоторую базовую структуру с условным обозначением ST (рис. 4).

Представленная сетевая структура имеет в своем составе 9 узлов и 12 линейных элементов. Изменим эту базовую структуру, добавив в её состав 2 узла. Поскольку дополнительные узлы могут быть расположены различным образом, то рассмотрим

три варианта таких структур с условными обозначениями SU1, SU2 и SU3 (рис. 5).

Все вышеперечисленные структуры содержат по 11 узлов и 14 линейных элементов, что позволяет рассматривать их как некоторую группу объектов с близкими свойствами. Преобразуем теперь базовую структуру ST путем добавления двух линейных элементов с последующим формированием новых структур SL1, SL2 и SL3 (рис. 6).

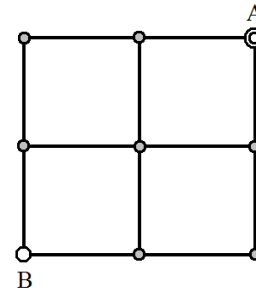


Рис. 4. Базовая структура трубопроводной системы с условным обозначением ST

Отличия между собой структур SL1, SL2 и SL3 связаны с различным способом добавления двух линейных элементов при том, что все они содержат в своем составе по 9 узлов и по 14 линейных элементов.

Отметим, что, несмотря на введение в состав новых структур двух линейных элементов, степень (валентность) узлов-источников и потребителей остается неизменной по сравнению с базовой структурой ST. Это позволяет при проведении дальнейшего анализа избежать возможного влияния эффекта изменения валентности этих узлов на стойкость рассматриваемых структур к прогрессирующим повреждениям.

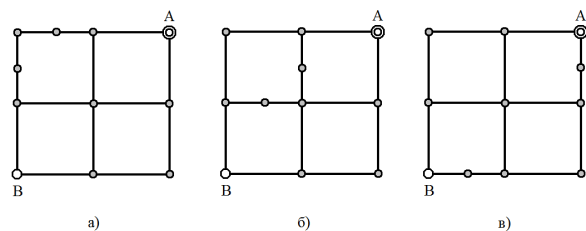


Рис. 5. Структурные схемы трубопроводных систем с условным обозначением SU1 (а), SU2 (б) и SU3 (в)

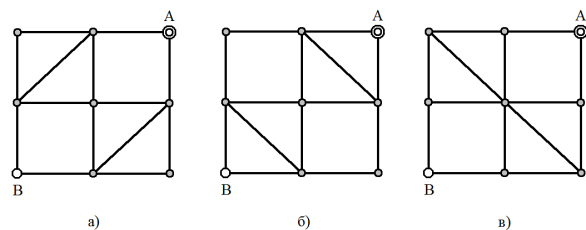


Рис. 6. Структурные схемы трубопроводных систем с условным обозначением SL1 (а), SL2 (б) и SL3 (в)

В табл. 1 приведены данные по характеристикам анализируемых структур. Видно, что все они имеют одинаковое количество линейных элементов и узлов. Различия в значениях F_{W} для структур SU1, SU2 и SU3 связаны с отличиями в схемах расположения дополнительных узлов при преобразовании базовой структуры. Аналогичным образом различия в значениях показателей стойкости для группы структур SL1, SL2 и SL3

связаны с отличиями в расположении дополнительных линейных элементов при преобразовании базовой структуры ST. Если усреднить значения F_{W} для группы структур с обозначениями SU1, SU2 и SU3, то можно оценить среднее значение показателя стойкости для структур, в составе которых имеется 11 узлов: $\bar{F}_{W}^{*} = 0,386$.

Таблица 1

Характеристики анализируемых сетевых структур

Условное обозначение структуры	Характеристики сетевой структуры		
	Количество линейных элементов	Количество узлов	Показатель стойкости к прогрессирующим повреждениям F_{W}
SU1	14	11	0,405
SU2	14	11	0,429
SU3	14	11	0,324
SL1	14	9	0,543
SL2	14	9	0,500
SL3	14	9	0,505

Аналогичным образом для группы структур SL1, SL2 и SL3, в составе которых имеется 9 узлов, среднее значение показателя стойкости:

$$\bar{F}_{W}^{**} = 0,516.$$

Таким образом, уменьшение количества узлов в сетевой структуре с 11 до 9 (т.е. примерно на 18%) приводит к увеличению значений показателя стойкости к прогрессирующим повреждениям в среднем на 34%. В этой связи можно утверждать, что уменьшение количества узлов в составе сетевой структуры является эффективным средством повышения её стойкости к прогрессирующим повреждениям.

С практической точки зрения это означает, что при проектировании систем трубопроводного транспорта следует избегать появления «лишних» узлов, а их общее количество необходимо по возможности минимизировать.

Выводы. Имитационное моделирование процесса прогрессирующего повреждения систем трубопроводного транспорта позволяет оценить влияние особенностей их структуры на способность выполнять свое функциональное назначение. В результате проведенных исследований установлено следующее:

1. Двукратное повышение степени уязвимости может сопровождаться ростом значений показателя стойкости примерно на 16%. С практической точки зрения такого рода рост следует оценивать как умеренный.

2. Повышение степени узлов-потребителей оказывает заметное влияние на рост значений показателя стойкости. Так, увеличение степени

узлов-потребителей примерно на 70% может сопровождаться ростом F_{W} примерно на 20%.

3. Количество узлов в составе сетевой структуры существенно влияет на изменение значений показателя стойкости. Так, уменьшение количества узлов примерно на 20% может привести к увеличению значений F_{W} примерно на 35%.

Л и т е р а т у р а

1. W. Kent Muhlbaauer. Pipeline risk management manual. Ideas, techniques and resources. Gulf prof. publishings is an imprint of Elsevier Inc. – 2004. – 395 p.
2. Современные методы обеспечения безопасности сложных технических систем: учебник / Л.Н. Александровская, А.П. Афанасьев и др. М.: Логос, 2001, 206 с.
3. Самойленко Н.И. Функциональная надежность трубопроводных транспортных систем / Н.И. Самойленко, И.А. Гавриленко. Под ред. Н.И. Самойленко. – Харьков: ХНАГХ. – Изд. «Лихтар», 2008. – 140 с.
4. Дистель Р. Теория графов: пер. с англ. – Новосибирск: Изд. ин-та математики, 2002. – 336 с.

R e f e r e n c e s

1. W. Kent Muhlbaauer. Pipeline risk management manual. Ideas, techniques and resources. Gulf prof. publishings is an imprint of Elsevier Inc. – 2004. – 395 p.
2. Sovremennii metodi obespechenija bezopasnosti sloznych technicheskikh system. Uchebnik / L.N. Aleksandrovskaja, A.P. Afanasev. M. Logos, 2001, 206 s.
3. Samojlenko N.I. Funktsionalnaja nadejnost truboprovodnih transportnih system / N.I. Samojlenko, I.A. Gavrilenko. Pod red. N.I. Samojlenko. – HNAGH – Izd. Lihtar, – 2008. 140 s.
4. Distel R. Teorija grafov. Novosibirsk: Izd. In-ta matematiki, 2002. – 336 s.

Tararychkin I.A.

INFLUENCE OF STRUCTURAL FEATURES OF PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR THEIR ABILITY TO RESIST THE DEVELOPMENT OF DAMAGE PROCESSES

The analysis of the impact of structural features of pipeline transportation systems for their ability to resist process damage consistent linear elements. It is shown that increase of resistance is observed with increasing number of pipelines coming from the source host, and the increasing number of pipelines converging to the nodes consuming the target product. Besides reducing the number of distribution nodes in the system has a significant impact on the growth of values of resistance index network structure to the process of sustained damage to the pipelines.

Keywords: system, structure, pipeline, node, simulation.

Тарарычкін Ігорь Александрович – д.т.н., проф. кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Tararychkin I.A. – Dr. Sci., professor of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: logistikatt@mail.ru

Рецензент: Будиков Л.Я., д.т.н., проф., зав. каф. подъемно-транспортной техники, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 621.314

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ

Тасанг Э. Х., Быкадоров В.В., Ключев А.С., Иванова Е.И.

The ELECTRIC MOTOR EXCITATION SYSTEM IMPROVEMENT

Tasang E.H., Byikadorov V.V., Klyuev A.S, Ivanova E.I.

Изложена методика определения основных параметров регулятора возбуждения и приведены результаты расчётов при применении серийного, 5 ступенчатого и плавного тиристорно-импульсного регулирования возбуждения тяговых электродвигателей тепловоза.

Ключевые слова: тепловоз, тяговый электродвигатель, плавное возбуждение, тиристорный регулятор, степень ослабления, коэффициент заполнения.

Введение. В настоящей работе изложена методика определения основных параметров регулятора возбуждения и приведены результаты расчётов при применении тиристорно-импульсного плавного регулирования возбуждения тяговых электродвигателей тепловоза.

Постановка проблемы. Повышение тягово-сцепных свойств локомотивов, их экономичности и эксплуатационной надёжности неразрывно связано с улучшением конструкции электрических передач [1 - 12].

Объясняется это тем, что используемые в настоящее время релейно-контактные, электромашинные и электрогидравлические технические средства в системах управления уже не отвечают современным требованиям по надёжности и стабильности характеристик [3, 6].

На всех современных отечественных тепловозах применяется в основном ступенчатое ослабление возбуждения тяговых электродвигателей (ТЭД), которое имеет ряд недостатков. Практически всегда имеет место различие в величине шунтирующих сопротивлений, которое усугубляется неодинаковым переходным сопротивлением включающих контакторов. Кроме того, сами величины ступеней сопротивлений соизмеримы с сопротивлениями соединительных кабелей, которые для различных двигателей имеют разную длину. Это приводит к ухудшению распределения тяговых нагрузок между электродвигателями.

При ступенчатом ослаблении происходит резкое изменение тока якоря, ухудшаются коммутационные условия на коллекторе ТЭД, возникают предпосылки для возникновения кругового огня и переброса дуги по коллектору [4].

Эти недостатки ступенчатого ослабления поля электродвигателей при их последовательном возбуждении могут быть устранены путем применения плавного импульсного регулирования возбуждения с помощью тиристорных преобразователей, которые изменяют длительность включённого состояния резистора, шунтирующего обмотку последовательного возбуждения, за период регулирования.

Основное назначение импульсных регуляторов состоит в плавном уменьшении поля возбуждения ТЭД с целью повышения скорости движения локомотива.

Кроме этого, отдельное тиристорное возбуждение каждого электродвигателя позволяет осуществить быстрый и плавный разгон локомотива и при необходимости применить заданное перераспределение тяговых нагрузок по осям колёсных пар при трогании и разгоне тепловоза. Это в свою очередь позволит повысить коэффициент использования сцепной массы локомотива, уменьшить число буксований и т. д.

При наличии замкнутой системы регулирования тяговых усилий отдельных ТЭД в зависимости от их фактической вертикальной нагрузки применение тиристорных регуляторов возбуждения даёт возможность осуществить поосное плавное регулирование силы тяги не только при трогании и разгоне локомотива, но и при его движении, что позволит также повысить тягово-энергетические показатели тепловоза.

Основное преимущество тиристорно-импульсного управления заключается в поддержании практически постоянного по величине и минимального тока якоря ТЭД с минимальными пульсациями в процессе регулирования (рис. 1). Это обеспечивает более лучший процесс коммутации и работу

электродвигателя в экономичном режиме с меньшими потерями, позволяет повысить надёжность и долговечность работы тягового электродвигателя и всей электропередачи мощности тепловоза в целом.

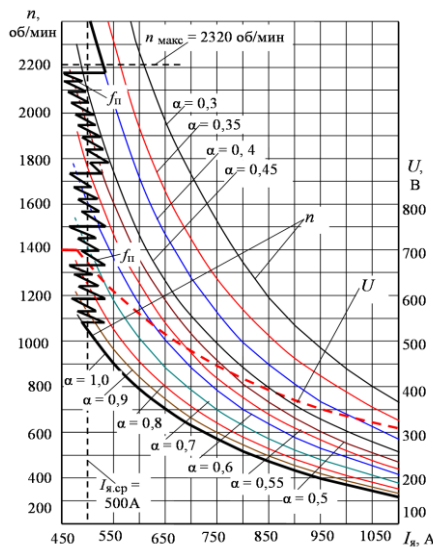


Рис. 1. Разгон тепловоза 2ТЭ116 при ШИР возбуждении ТЭД ЭД-133 по его скоростным характеристикам

Анализ последних достижений и публикаций. В электрических передачах современных тепловозов используются морально устаревшие релейные схемы регулирования возбуждения тяговых двигателей (ТД), которые снижают качество и надежность работы всей энергетической системы тепловоза [8]. Поэтому поиск эффективных путей решения такой проблемы, разработка и внедрение микропроцессорных систем управления для локомотивов являются перспективным направлением научных исследований.

Необходимо отметить, что этой проблемой занимались многие известные ученые, такие как: А.А. Будницкий [1], В.В. Стрекопытов [2], А.В. Грищенко [3], И.П. Исаев [4], Е.Г. Бовэ [5], Д.К. Минов [6], А.П. Павленко [7], Ю.М. Перегудов [8], Б. Мейер [9] и др.

В настоящее время в США используются высокоэффективные микропроцессорные системы управления и регулирования энергетических систем тепловозов, разработанные фирмой General Motors [9]. Созданием подобных систем активно занимаются фирмы Германии (АЕG) [10], Японии [11] и России [1,3]. Необходимо отметить, что в подавляющем большинстве конструкций электропередач регулирование возбуждения тяговых двигателей по-прежнему осуществляется шунтированием обмотки возбуждения резисторами при срабатывании контакторов ослабления поля. Так, например, в микропроцессорной системе

регулирования УСТА [3] момент выхода на участок ограничения напряжения (рис. 2) и необходимость включения контакторов ВШ1 и ВШ2 (рис. 3) определяется по достижению напряжением $U_{\hat{A}\hat{O}}$ на выходе выпрямительной установки (ВУ) значения

$$U_{ВУ} \geq \frac{13}{16} U_{ВУ}^{\max}(N_{ПК}), \quad \text{где } U_{ВУ}^{\max}(N_{ПК}) -$$

максимально допустимые напряжения на выходе ВУ для заданной позиции контроллера машиниста $N_{ПК}$.

Отключение контакторов ВШ1 и ВШ2 осуществляется при выполнении условия

$$U_{ВУ} \leq \frac{5}{8} U_{ВУ}^{\max}(N_{ПК}).$$

Приведенная схема включения контакторов ВШ1 и ВШ2 (рис. 3) позволила повысить надежность и качество работы системы регулирования возбуждения тяговых двигателей благодаря приближению характеристики срабатывания этих контакторов к началу участка *а-в* ограничения напряжения выпрямительной установки (рис. 3).

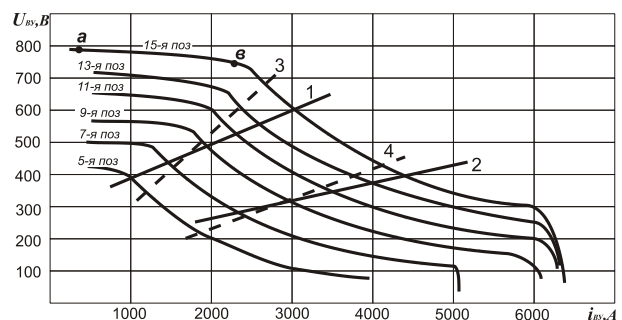


Рис. 2. Зависимости напряжения $U_{\hat{A}\hat{O}}$ на выходе выпрямительной установки тепловоза 2ТЭ116 от тока нагрузки $i_{ВУ}$: 1, 2 – характеристики включения и отключения контакторов ослабления поля ВШ1, ВШ2 в серийной схеме тепловоза 2ТЭ116; 3, 4 – эти же характеристики в микропроцессорной системе управления УСТА тепловоза 2ТЭ116

Однако ступенчатое шунтирование обмоток возбуждения резисторами $R_{Ш1}$ и $R_{Ш2}$ вызывает появление переходных колебательных процессов в силовых цепях с периодическим включением реле буксования РБ и контакторов ВШ1 или ВШ2. Такие сведения довольно часто поступают из депо, в которых говорится о случаях возникновения колебательных процессов с большим перерегулированием по току выпрямительной установки и токам тяговых двигателей.

Формулировка целей исследования. Таким образом, существующая система релейного управления возбуждением тяговых двигателей не позволяет устранить колебательный процесс в силовых цепях, что приводит к снижению тяговых

свойств тепловозов и возможным повреждениям силового электрооборудования [8]. Для исключения развития процессов буксования колесных пар тепловозов при ослаблении поля тяговых двигателей предлагается применить двухступенчатую или плавную регулировку их токов возбуждения с помощью IGBT –

транзисторов, управляемых широтно-импульсными модуляторами.

Изложение основного материала. Исходя из вышеизложенного, оценим стабильность характеристик узла ослабления поля одного тягового двигателя (рис. 3), в который входят обмотка возбуждения W_B и шунтирующий резистор первой ступени R_{ϕ} .

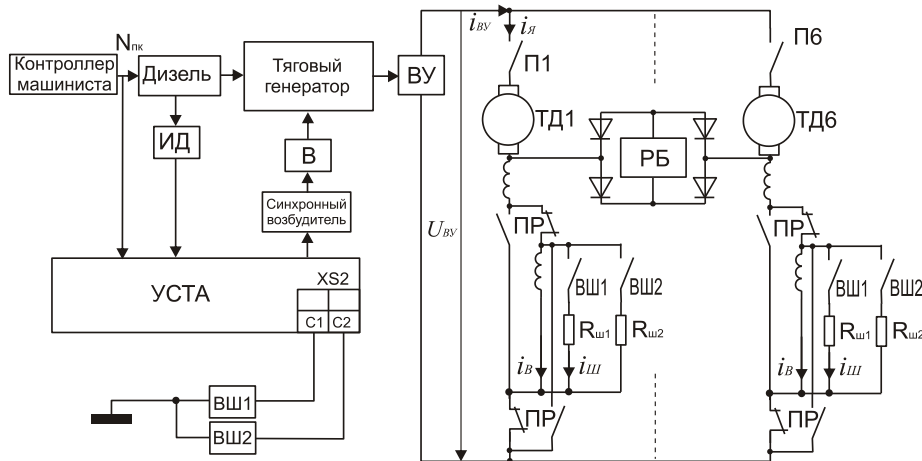


Рис. 3. Функциональная схема электропередачи тепловоза 2ТЭ116 с управлением от микропроцессорной системы УСТА:

ВУ – выпрямительная установка; В – выпрямитель возбуждения тягового генератора; ИД – индуктивный датчик; ТД1-ТД6 – тяговые двигатели; П1-П6 – поездные контакторы; ПР – контакты реверсора; ВШ1-ВШ2 – контакторы ослабления поля; $R_{ш1}, R_{ш2}$ – резисторы ослабления поля; РБ – реле буксования

Так как сопротивления резисторов R_A и R_{ϕ} зависят от множества факторов, анализ стабильности характеристик узла ослабления поля предлагается осуществить методами теории вероятностей и математической статистики [4] исходя из коэффициента ослабления поля:

$$\alpha = \frac{F_{оп}}{F_{ш}} = \frac{W_B i_B}{W_B i_A} = \frac{i_B}{i_A}, \tag{1}$$

где $F_{оп}$ и $F_{ш}$ – магнитодвижущие силы обмотки возбуждения соответственно при ослабленном и полном магнитном потоке; $i_B, i_B, i_{ш}$ – соответственно токи в обмотке якоря и возбуждения ТД, а также в цепи шунтирующего резистора $R_{ш}$.

Легко доказать, что

$$\alpha = \frac{R_{ш}}{R_{ш} + R_B}. \tag{2}$$

Выражение (2) будем рассматривать как n – мерную функцию независимых случайных величин. Тогда вследствие неизбежных отклонений сопротивлений от их номинальных значений коэффициент ослабления поля α может получить приращение

$$d\alpha = \frac{\partial \alpha}{\partial R_{ш}} dR_{ш} + \frac{\partial \alpha}{\partial R_B} dR_B, \tag{3}$$

где

$$\frac{\partial \alpha}{\partial R_{ш}} = \frac{R_B}{(R_B + R_{ш})^2};$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial R_B} = -\frac{R_{ш}}{(R_B + R_{ш})^2}$$

– частные производные, полученные из выражения (2).

На основании общеизвестных зависимостей [4] можно определить дисперсию коэффициента ослабления поля α в виде:

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left(\frac{\partial \alpha}{\partial R_{ш}} \right)^2 \sigma_{R_{ш}}^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial R_B} \right)^2 \sigma_{R_B}^2, \tag{4}$$

где $\bar{R}_{ш}, \bar{R}_B$ – номинальные значения сопротивлений; $\sigma_{R_{ш}}, \sigma_{R_B}$ – среднеквадратические отклонения сопротивлений от их номинальных значений.

После подстановки найденных значений

частных производных (3) в равенство (4) получим:

$$\begin{aligned} \sigma_\alpha &= \sqrt{\left[\frac{\bar{R}_B}{(\bar{R}_B + \bar{R}_{III})} \right]^2 \sigma_{III}^2 + \left[\frac{-\bar{R}_{III}}{(\bar{R}_B + \bar{R}_{III})} \right]^2 \sigma_B^2} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{(\bar{R}_B + \bar{R}_{III})^4} (\bar{R}_B^2 \sigma_{III}^2 + \bar{R}_{III}^2 \sigma_B^2)} = \\ &= \frac{1}{(\bar{R}_B + \bar{R}_{III})^2} \sqrt{\bar{R}_B^2 \sigma_{III}^2 + \bar{R}_{III}^2 \sigma_B^2}. \end{aligned} \tag{5}$$

Если ввести относительные отклонения сопротивлений обмотки возбуждения и шунтирующего резистора, определяемые как $\sigma_{BO} = \sigma_B / \bar{R}_B$ и $\sigma_{III0} = \sigma_{III} / \bar{R}_{III}$, то получим величину относительного отклонения коэффициента ослабления поля в таком виде:

$$\sigma_\alpha = (1 - \bar{\alpha}) \sqrt{\sigma_{BO}^2 + \sigma_{III0}^2}, \tag{6}$$

где $\bar{\alpha}$ - математическое ожидание коэффициента ослабления поля.

Из полученного равенства (6) можно сделать выводы:

— нестабильность величины коэффициента ослабления поля зависит не только от отклонений сопротивлений обмоток возбуждения и шунтирующих резисторов, но и от самой номинальной величины коэффициента ослабления поля;

— при прочих равных условиях чем больше ослабление поля, тем выше относительное отклонение величины коэффициента α .

Для численной оценки влияния отклонений сопротивлений R_B и R_ϕ на величину коэффициента ослабления поля можно воспользоваться статистическими распределениями этих параметров, приведенными на рис. 4 и 5.

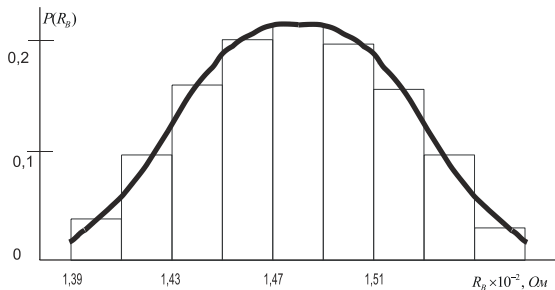


Рис. 4. Статистическое распределение сопротивления обмотки возбуждения тягового двигателя ЭД118 Б

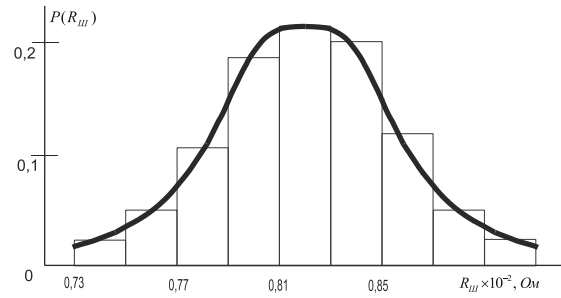


Рис. 5. Статистическое распределение сопротивления ослабления поля тепловозов 2ТЭ 116 (первой ступени)

Для практических расчетов при достаточно большой выборке $n > 20$ фактические значения параметров резисторов R_B и R_ϕ можно принять:

$$\bar{R}_B \approx \frac{\sum_{i=1}^n R_{Bi}}{n} = 0,0148 \text{ Ом};$$

$$\bar{R}_{III} \approx \frac{\sum_{i=1}^n R_{IIIi}}{n} = 0,0082 \text{ Ом};$$

$$\sigma_{R_B}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{Bi} - \bar{R}_B)^2}{n - 1} = 0,21 \cdot 10^{-6};$$

$$\sigma_{R_{III}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{IIIi} - \bar{R}_{III})^2}{n - 1} = 0,13 \cdot 10^{-6},$$

где R_{Bi} , R_{IIIi} — измеренные величины сопротивлений для партии ТД и резисторов R_ϕ ; n — количество исследованных ТД и резисторов.

Для дальнейших расчетов все параметры сведены в табл. 1.

Таблица 1

Среднестатистические параметры узла ослабления поля тяговых двигателей

Серия тепловоза	α_H	$\sigma_{BO}, \%$	$\sigma_{III0}, \%$	$\sigma_\alpha, \%$	Пределы отклонения коэффициента $\alpha = \bar{\alpha} \pm 3\sigma_\alpha$
2ТЭ116	0,36	3,1	4,4	3,46	0,324-0,396

Для оценки стабильности характеристик узла ослабления поля разработана математическая модель электропередачи тепловоза с помощью интерактивного инструмента для моделирования SIMULINK, интегрированного в математический пакет MATLAB, исходя из такой системы уравнений:

$$\begin{aligned}
 i_{BV} &= i_{Я1} + i_{Я2} + \dots + i_{Я6}; \\
 i_{B1} &= \alpha \cdot i_{Я1}; \dots i_{B6} = \alpha \cdot i_{Я6}; \\
 e_1(i_{B1}) &= \frac{E}{\omega(i_{B1})} \cdot \omega_{ТД1}; \dots e_6(i_{B6}) = \frac{E}{\omega(i_{B6})} \cdot \omega_{ТД6}; \\
 L_{Я} \cdot \frac{di_{Я1}}{dt} &= U_{BV}(i_{BV}) - i_{Я1} \cdot R_{Я} - e(i_{B1}) - 2; \dots \\
 L_{Я} \cdot \frac{di_{Я6}}{dt} &= U_{BV}(i_{BV}) - i_{Я6} \cdot R_{Я} - e(i_{B6}) - 2; \\
 M_{ЭМ1} &= \frac{E}{\omega(i_{B1})} \cdot i_{Я1}; \dots M_{ЭМ6} = \frac{E}{\omega(i_{B6})} \cdot i_{Я6}; \\
 F_{СЦ1} &= G_1 \cdot g \cdot \psi(V_{СК1}); \dots F_{СЦ6} = G_6 \cdot g \cdot \psi(V_{СК6}); \\
 M_{C1} &= \frac{D}{2} \cdot \mu_{ЗП} \cdot F_{СЦ1} + W_{КП}; \dots \\
 M_{C6} &= \frac{D}{2} \cdot \mu_{ЗП} \cdot F_{СЦ6} + W_{КП}; \\
 V_{СК1} &= \frac{D}{2} \cdot \mu_{ЗП} \cdot \omega_{ТД1} - V_{П}; \dots \\
 V_{СК6} &= \frac{D}{2} \cdot \mu_{ЗП} \cdot \omega_{ТД6} - V_{П}; \\
 J_{КП} \cdot \frac{d\omega_{ТД1}}{dt} &= M_{ЭМ1} - M_{C1}; \dots \\
 J_{КП} \cdot \frac{d\omega_{ТД6}}{dt} &= M_{ЭМ6} - M_{C6}; \\
 m_{П} \cdot \frac{dV_{П}}{dt} &= F_{СЦ1} + \dots + F_{СЦ6} - W(V_{П}),
 \end{aligned}$$

где $U_{BV}(i_{BV})$, i_{BV} – напряжение и ток на выходе ВУ; $i_{Я1} \dots i_{Я6}$ – токи якорей ТД; $L_{Я}$ – индуктивность цепи якоря ТД; $e(i_{B1}) \dots e(i_{B6})$ – ЭДС якорей ТД, полученные из нагрузочных характеристик; $M_{ЭМ1} \dots M_{ЭМ6}$ – электромагнитные моменты ТД; $M_{C1} \dots M_{C6}$ – моменты сопротивления на валах ТД; $F_{СЦ1} \dots F_{СЦ6}$ – силы сцепления колес с рельсами; $V_{СК1} \dots V_{СК6}$ – скорости скольжения колес; $G_1 \dots G_6$ – осевые нагрузки; $\psi(V_{СК1}) \dots \psi(V_{СК6})$ – коэффициенты сцепления; D_K – диаметр колеса; $\mu_{ЗП}$ – коэффициент передачи зубчатого редуктора; $W_{КП}$, $W(V_{П})$ – соответственно сила сопротивления движению колесной пары от трения в буксовом узле и сила сопротивления движению состава; $J_{КП}$ – момент инерции вращающихся частей колесно-моторного блока, приведенный к валу ТД; $\omega_{ТД1} \dots \omega_{ТД6}$ – частоты вращения якорей ТД; $V_{П}$ – скорость движения тепловоза.

На рис. 6 приведены результаты моделирования переходных процессов в электропередаче при максимальных положительных

и отрицательных отклонениях параметров узла ослабления поля тяговых двигателей, связанных с наиболее разгруженной и загруженной колесными парами при движении тепловоза 2ТЭ116 по прямолинейному участку пути с составом $m_{п} = 4480$ т и скоростью $V_{п} = 43,5$ км/час [12].

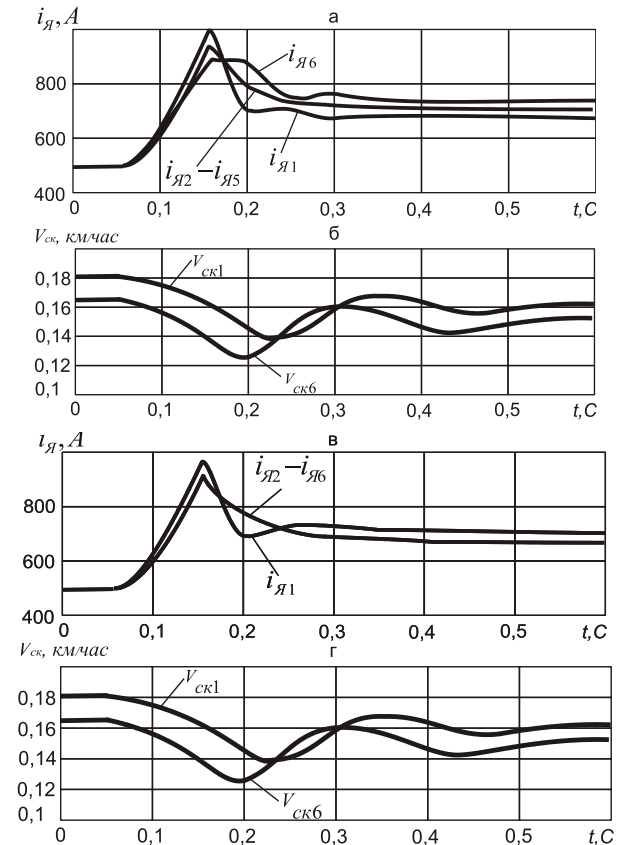


Рис. 6. Расчетные значения токов в цепях ТД1 ... ТД6 и скоростей скольжения колесных пар при срабатывании контактора ВШ1 тепловоза 2ТЭ116:

а, б – при

$$R_{B1} = R_{B6} = \overline{R_B} + 3\sigma_{BO} = 0,0152 \text{ Ом},$$

$$R_{B2} \dots R_{B5} = \overline{R_B} = 0,0148 \text{ Ом},$$

$$R_{Ш1} = R_{Ш6} = \overline{R_{Ш}} - 3\sigma_{BO} = 0,00784 \text{ Ом},$$

$$R_{Ш2} \dots R_{Ш5} = \overline{R_{Ш}} = 0,0082 \text{ Ом};$$

в, г – при $R_{B1} = \overline{R_B} + 3\sigma_{BO} = 0,0152 \text{ Ом};$

$$R_{B2} \dots R_{B6} = \overline{R_B} = 0,0148 \text{ Ом},$$

$$R_{Ш1} = \overline{R_{Ш}} - 3\sigma_{ШO} = 0,00784 \text{ Ом},$$

$$R_{Ш2} \dots R_{Ш6} = \overline{R_{Ш}} = 0,0082 \text{ Ом}.$$

Из рис. 6 видно, что при неблагоприятных сочетаниях допусков только узла ослабления поля в переходных процессах, протекающих в электропередаче тепловоза 2ТЭ116, возможны отклонения токов в цепях тяговых двигателей до 20%. Эти данные подтверждают сведения,

получаемые из многих депо, что при срабатывании контакторов ослабления поля тяговых двигателей одновременно включается реле буксования РБ и в электропередаче устанавливается колебательный процесс с большим перерегулированием по току.

Необходимо отметить, что отклонения скоростных характеристик тяговых двигателей, диаметров колесных пар, загрязнения поверхностей рельсов могут еще больше увеличить разброс токов в силовых цепях и снизить тяговые возможности тепловозов.

Исходя из вышеизложенного, можно предложить два варианта совершенствования конструкции системы ослабления поля.

Первый – для модернизации существующего парка тепловозов 2ТЭ116, заключающийся в двухступенчатом включении резисторов ослабления поля $R_{Ш1}$ и $R_{Ш2}$ (рис. 7, а). Для этого в систему управления ТД вводится два дополнительных контактора ВШ1-2 и ВШ2-2, которые включаются с задержкой $\tau = 0,3$ с по отношению к штатным контакторам ВШ1-1 и ВШ2-1. Для примера на рис. 8 показано изменение эквивалентного значения сопротивления $R_{Ш}$ при двухступенчатом его включении контакторами ВШ1-1 и ВШ1-2 (первая ступень ослабления поля).

Вторым вариантом совершенствования электропередач является применение силовых IGBT-транзисторов, которые являются полностью управляемыми полупроводниковыми элементами и выпускаются в модульном исполнении. При этом схема плавного регулирования тока возбуждения тяговых двигателей может иметь достаточно простой вид (рис. 7, б) и использоваться для новых конструкций электропередач тепловозов. В качестве регулирующих элементов используются транзисторы VT1-VT6, которые управляются от широтно-импульсного модулятора ШИМ, например, от микропроцессорной системы УСТА.

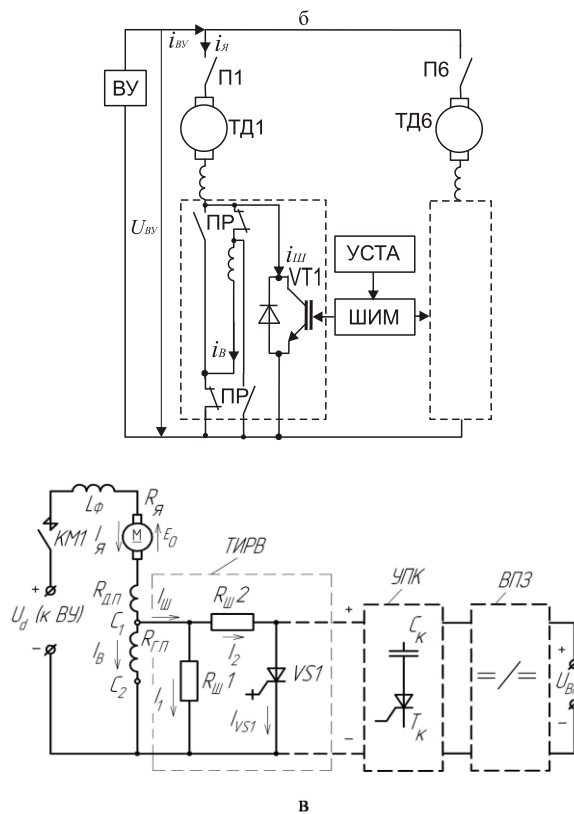


Рис. 7. Функциональные схемы регулирования токов возбуждения ТД:

а - ступенчато-релейным способом; б - плавно с помощью IGBT транзисторов; в - схема тиристорно-импульсного регулятора возбуждения ТЭД

При этом закон изменения во времени эквивалентного значения сопротивления R_{ϕ} приведен на рис. 8 (кривая 3), который задавался путем изменения частоты коммутации ШИМ.

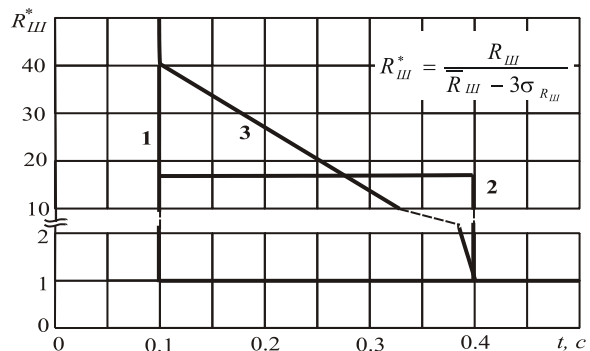
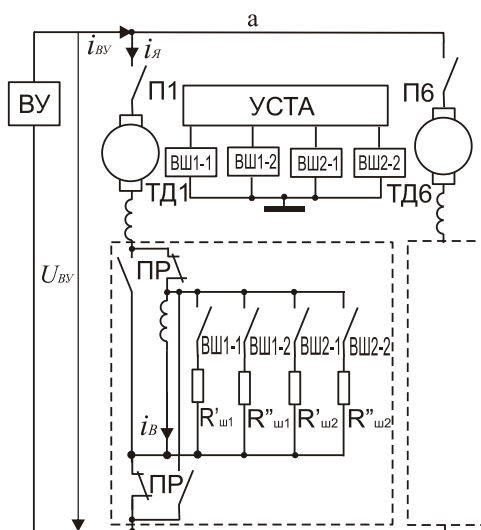


Рис. 8. Изменение во времени эквивалентного значения относительного сопротивления шунтировки поля: $R_{Ш} = \bar{R}_{Ш} - 3\sigma_{R_{Ш}} = 0,00784 \text{ Ом}$; 1 - серийное включение $R_{Ш}$ контактором ВШ1 тепловоза 2ТЭ116; 2 - двухступенчатое включение резистора ослабления поля $R_{Ш}$ (рис. 7, а); 3 - бесступенчатое (линейное) включение резистора ослабления поля $R_{Ш}$ (рис. 7, б)

На рис. 9 и 10 приведены результаты моделирования переходных процессов в электропередаче при тех же исходных данных, что и на рис. 6 (движение тепловоза 2ТЭ116 по прямолинейному участку пути со скоростью $V_{п}=43,5$ км/час, и массой состава $m_{п}=4480$ т).

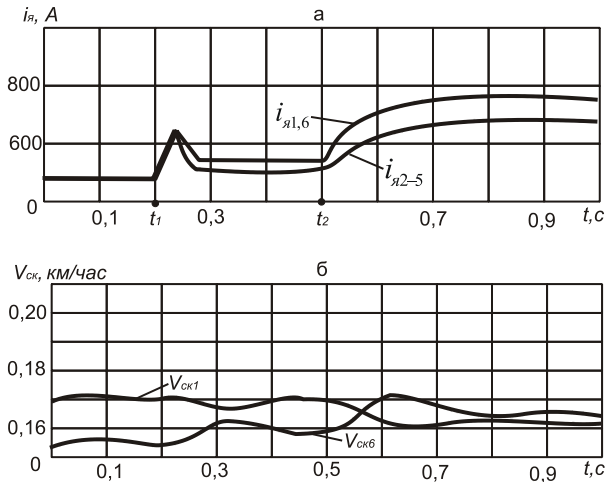


Рис. 9. Расчетные значения токов в цепях ТД1...ТД6 и скоростей скольжения колесных пар тепловоза 2ТЭ116 при двухступенчатом изменении сопротивления $R_{ш}$:
 $R_{B1} = 0,0152 \text{ Ом}$; $R_{B2} = R_{B6} = 0,0148 \text{ Ом}$;
 $R_{ш2} = R_{ш6} = 0,0082 \text{ Ом}$;
 $R_{ш1} = \infty \rightarrow 0,00784 \text{ Ом}$;
 $R'_{ш1} = 0,133 \text{ Ом}$, $R''_{ш1} = 0,00833 \text{ Ом}$ (см. рис. 6, а)

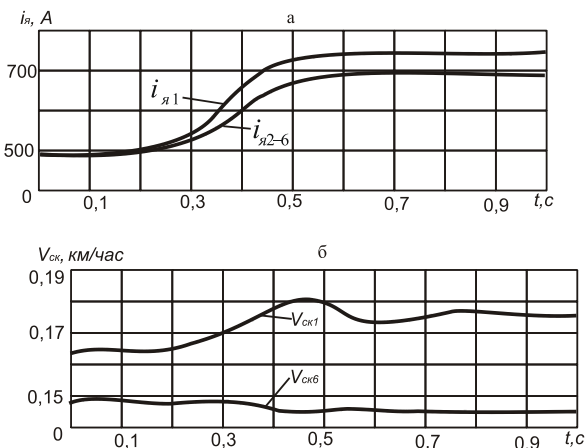


Рис. 10. Расчетные значения токов в цепях ТД1...ТД6 и скоростей скольжения колесных пар тепловоза 2ТЭ116 при линейном изменении сопротивления R_{ϕ} :

$$R_{B1} = 0,0152 \text{ Ом}, R_{B2} = R_{B6} = 0,0148 \hat{H} \quad ,$$

$$R_{ш1} = \infty \rightarrow 0,00784 \text{ Ом},$$

$$R_{ш2} \dots R_{ш6} = \bar{R}_{ш} = 0,0082 \text{ Ом}$$

Необходимо отметить, что в момент времени t_1 включалась первая часть сопротивления – $R'_{ш1} = 0,133 \text{ Ом}$, а затем вторая его часть – $R''_{ш1} = 0,00833 \text{ Ом}$. При этом результирующее эквивалентное сопротивление R_{ϕ} (см. рис. 7) был равен $R_{ш} = \bar{R}_{ш} - 3\sigma_{R_{ш}} = 0,00784 \text{ Ом}$ только для ТД1, а сопротивления обмоток возбуждения ТД2 ... ТД6 принимались теми же, что и в предыдущем опыте (рис. 6) – $R_{B1} = 0,0152 \text{ Ом}$, $R_{B2} \dots R_{B6} = 0,0148 \text{ Ом}$.

Из рис. 9 видно, что двухступенчатое включение резисторов ослабления поля позволяет существенно снизить броски токов в цепях тяговых двигателей (в 2 раза) и уменьшить вероятность срабатывания реле буксования, так как динамический разброс токов также снизился.

Однако при плавном изменении величины сопротивления шунтировки поля R_{ϕ} (рис. 10) удалось полностью исключить развитие колебательных процессов в электропередаче и значительно уменьшить изменение скольжения колесных пар по сравнению с серийной схемой управления ТД (рис. 6).

На рис. 7, в приведена наиболее распространённая принципиальная силовая схема включения ТЭД с плавным тиристорным регулированием его возбуждения.

В ней параллельно обмотке возбуждения каждого ТЭД включён тиристорный прерыватель ТИРВ со своими резисторами.

В состав тиристорно-импульсного регулятора (ТИРВ) входит главный тиристор VS1, обеспечивающий прохождение части тока якоря через основной шунтирующий резистор $R_{ш2}$, и шунтирующий резистор $R_{ш1}$, ограничивающий перенапряжения, возникающие из-за ЭДС самоиндукции на обмотке возбуждения ТЭД при запуске (выключении) тиристора VS1.

Если устанавливается полностью запираемый тиристор VS1, то силовая схема ТИРВ не содержит более других элементов. Если же используются общепромышленные тиристоры, то необходимы ещё устройства принудительной коммутации (УПК) и предварительного подзаряда коммутирующего конденсатора (ВПЗ), ввиду низкого падения напряжения на обмотке возбуждения ТЭД.

Резистор $R_{ш1}$ определяет максимальную степень ослабления магнитного потока $\alpha_{\max} = \alpha_1 = 0,9-0,98$. Его сопротивление должно быть как можно больше, но оно ограничено перенапряжением $U_{п}$ на обмотке возбуждения ТЭД за счёт её ЭДС самоиндукции. Сопротивление резистора $R_{ш1}$ обычно принимается не менее (20-40) $R_{в}$, где $R_{в}$ – сопротивление обмотки возбуждения главных полюсов [14].

Резистор $R_{ш2}$ определяет минимальную необходимую степень ослабления магнитного потока $\alpha_{мин} = \alpha_2$ для данного локомотива, обеспечивающую получение его заданной конструкционной скорости движения. Для рассматриваемого регулирования сопротивления резисторов $R_{ш1}$ и $R_{ш2}$ определяются [14, 16]:

$$R_{ш1} = R_B \cdot \alpha_{макс} / (1 - \alpha_{макс}), \quad (7)$$

$$R_{ш2} = R_B \frac{\alpha_{макс} \alpha_{мин}}{\alpha_{макс} - \alpha_{мин}}. \quad (8)$$

Наибольшее применение в схемах тепловозов, электропоездов и трамваев находит широтно-импульсный способ (ШИР) регулирования возбуждения тяговых электродвигателей благодаря своей простоте, сравнительно низкой частоте переключений, а при установке обычных тиристоров – меньшей установленной мощности узла принудительной ёмкостной коммутации для записания главного тиристора VS1.

На рис. 11 приведены диаграммы токов и напряжений ТИРВ ТЭД при ШИР возбуждения без учёта переходных процессов и при постоянном напряжении питания.

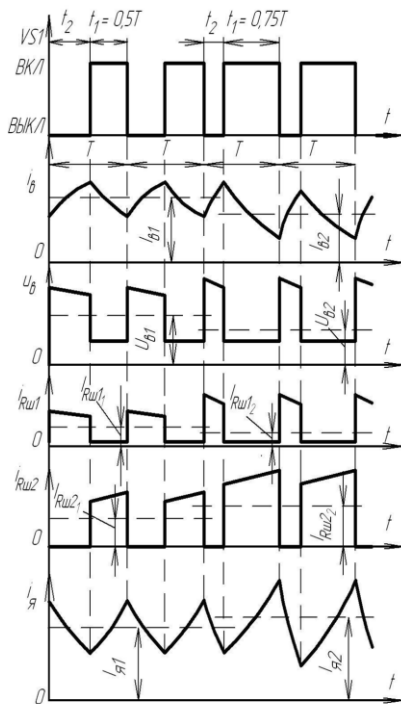


Рис. 11. Диаграммы токов и напряжений ТИРВ ТЭД при широтно-импульсном регулировании

При пренебрежении коммутационными процессами тиристор VS1 работает в двух режимах: проводящем t_1 и непроводящем (выключенном) t_2 .

Период повторения импульсов $T = T_{ц}$ [13–15]

$$T = t_1 + t_2. \quad (9)$$

Коэффициент заполнения γ импульсного цикла изменяется от 0 до 1 и определяется

$$\gamma = t_1 / T; \quad 0 \leq \gamma \leq 1. \quad (10)$$

Изменяя γ , можно изменять длительность проводящего состояния тиристора VS1 и среднее значение напряжения U_B и ток I_B в обмотке возбуждения ТЭД.

При применении ШИР тока возбуждения ТЭД изменяется интервал проводимости тиристора VS1 t_1 при постоянной частоте переключения $f_n = 1/T = \text{const}$ (рис. 11; $f_n = 100$ Гц), т.е. при постоянном периоде $T = \text{const}$. Рабочая частота переключений f_n обычно не превышает 100–1000 Гц (чаще всего 400 Гц).

При работе ТИРВ тягового электродвигателя характерен режим непрерывных токов, когда по обмотке возбуждения ТЭД проходит постоянный непрерывный пульсирующий ток, форма и основные параметры которого за время импульсного цикла (коммутации) приведены на рис. 11 и 12.

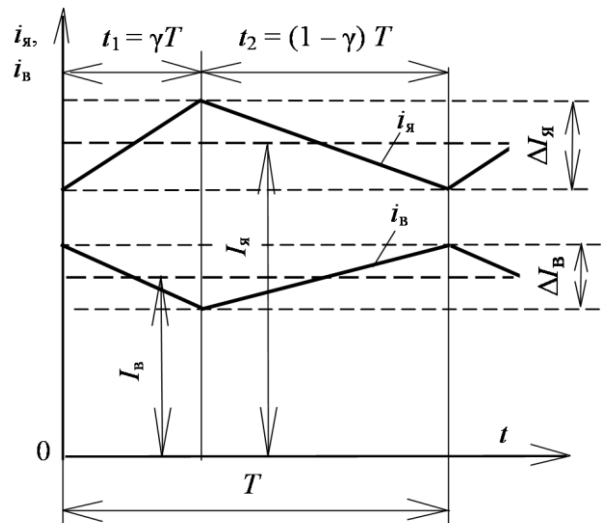


Рис. 12. Расчётные диаграммы токов якоря $i_я$ и возбуждения i_B в установившемся режиме

При расчёте среднего значения тока возбуждения I_B ТЭД при широтно-импульсном регулировании предполагается его определение через мгновенное значение. При этом для упрощения расчётов ток якоря принимаем постоянным и равным среднему значению $I_я$ (рис. 12).

Уравнения для электрической схемы (рис. 7, в) при замкнутом и разомкнутом ТИРВ будут иметь вид:

для интервала времени $t = 0 \dots t_1 = 0 \dots \gamma T$

$$L_B \frac{di_{B1}}{dt_1} + i_{B1} R_B = (I_{я} - i_{B1}) R_3; \quad (11)$$

для интервала времени $t = t_1 \dots T = \gamma T \dots T$

$$L_B \frac{di_{B2}}{dt_2} + i_{B1} R_B = (I_{я} - i_{B2}) R_{ш1}. \quad (12)$$

Решение данных уравнений позволяет определить мгновенные значения тока возбуждения на каждом интервале:

$$i_{B1}(t) = I_{я} \frac{R_3}{R_3} + A1 \cdot e^{-\frac{R_3}{L_B} t}, \quad (12)$$

$$i_{B2}(t) = I_{я} R_1 + A2 \cdot e^{-\frac{R_4}{L_B} t}, \quad (13)$$

где $R_1 = \frac{R_{ш1}}{R_B + R_{ш1}}$; $R_3 = R_B + R_3$; $R_4 = R_B + R_{ш1}$;

A1 и A2 – постоянные:

$$A1 = I_B(0) - I_{я} \frac{R_3}{R_3};$$

$$A2 = \frac{I_{я} \left(\frac{R_3}{R_3} - R_1 \right) + A1 \cdot e^{-\frac{R_3}{L_B} t_1}}{e^{-\frac{R_4}{L_B} t_1}}. \quad (14)$$

Здесь $t_1 = \gamma T_{п} = \gamma / f_{п}$ – длительность первого интервала; $I_B(0)$ – начальное значение тока 1-го интервала,

$$I_B(0) = \frac{-R_1 R_3 e^{-\frac{R_4}{L_B} t_1} - e^{-\frac{R_4}{L_B} T_{п}} (R_3 - R_1 R_3 - R_3 e^{-\frac{R_3}{L_B} t_1})}{R_3 (e^{-\frac{R_4}{L_B} T_{п}} - e^{-\frac{R_4}{L_B} t_1})}. \quad (15)$$

На рис. 13 приведены диаграммы токов возбуждения для 1-го и 2-го интервалов, построенные по уравнениям (12) и (13) при различной длительности интервала t_1 или коэффициента заполнения γ .

Диаграммы построены для ТЭД ЭД-118Б при частоте $f_{п} = 100$ Гц и для следующих параметров ТЭД и ТИРВ: $I_{я} = 500$ А; $f_{п} = 200$ Гц; $R_{B,Г} = 0,01533$ Ом; $L_B = 0,00608$ Г; $R_{ш1} = 0,2913$ Ом; $R_{ш2} = 0,00889$ Ом; $R_3 = 0,00862$ Ом; $\alpha_{мин} = 0,36$ и $\alpha_{макс} = 0,95$.

Среднее значение тока возбуждения I_B найдём как среднее значение суммы токов на обоих интервалах:

$$I_{B,ср} = (I_{B,ср1} + I_{B,ср2}) / 2, \quad (16)$$

где

$$I_{B,ср1} = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \left(I_{я} \frac{R_3}{R_3} + A1 \cdot e^{-\frac{R_3}{L_B} t} \right) dt =$$

$$= \frac{I_{я} R_3 t_1 - L_B A1 (e^{-\frac{R_3}{L_B} t_1} - 1)}{R_3 t_1} \quad ; \quad (17)$$

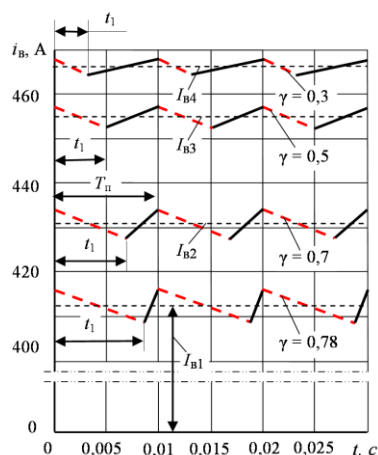


Рис. 13. Диаграммы токов возбуждения в зависимости от коэффициента заполнения γ

$$I_{B,ср2} = \frac{1}{T - t_1} \int_{t_1}^T \left(I_{я} R_1 + A2 \cdot e^{-\frac{R_4}{L_B} t} \right) dt =$$

$$= \frac{I_{я} R_1 R_4 (T - t_1) - L_B A2 (e^{-\frac{R_4}{L_B} T} - e^{-\frac{R_4}{L_B} t_1})}{R_4 (T - t_1)} \quad . \quad (18)$$

На рис. 14 приведена построенная по (16) зависимость среднего тока возбуждения $I_B = I_{B,ср} = f(\gamma)$ и степени ослабления $\alpha = f(\gamma)$ для ТЭД ЭД-118Б тепловоза 2ТЭ116 при наиболее приемлемых для тепловоза крайних степенях ослабления $\alpha_{мин} = 0,36$ и $\alpha_{макс} = 0,9$; 0,95 и 0,98. Средний ток якоря – 500 А, частота $f_{п} = 100$ Гц, остальные параметры указаны в данных к рис. 5. Степень ослабления $\alpha = I_{B,ср} / I_{я}$. Как видно из данного графика, среднее значение тока возбуждения полностью соответствует средним значениям токов, полученным по упрощённой методике [2]. При постоянном коэффициенте γ средний ток возбуждения I_B практически не изменяется. Чем меньше среднее значение тока возбуждения, тем пульсации его тока больше, ввиду большего шунтирующего действия резистора $R_{ш2}$ (рис. 13).

Величина пульсаций тока возбуждения ΔI_B определяется из (12) как разность максимального и минимального значений его тока в 1-ом интервале времени при $t = 0$ и t_1 ,

$$\Delta I_B = A1 (1 - e^{-\frac{R_3}{L_B} \gamma / f_{п}}). \quad (19)$$

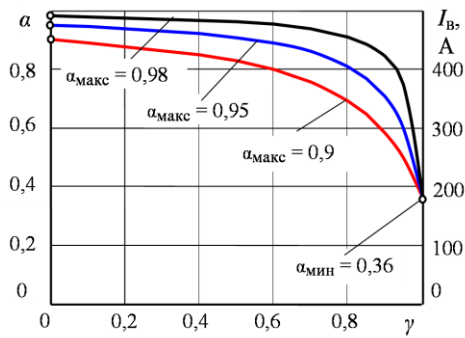


Рис. 14. Зависимость степени α от коэффициента заполнения γ

На рис. 15 представлен график пульсаций тока возбуждения ΔI_B по данным рис. 13 при частотах $f_{\Pi} = 100, 200$ и 400 Гц. Видно, что пульсации тока возбуждения пропорционально уменьшаются с увеличением частоты коммутации f_{Π} .

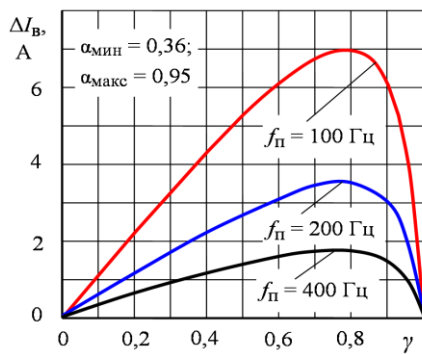


Рис. 15. Зависимость пульсаций тока возбуждения от коэффициента заполнения при различных частотах переключений

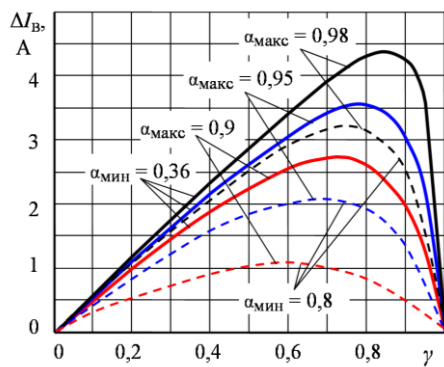


Рис. 16. Зависимость пульсаций тока возбуждения от коэффициента заполнения электродвигателя ЭД-118Б применительно к тепловозу 2ТЭ116

На рис. 16 представлена зависимость пульсаций тока возбуждения ΔI_B тягового электродвигателя ЭД-118Б тепловоза 2ТЭ116 в зависимости от коэффициента заполнения регулятора возбуждения γ при различных

значениях максимальной степени регулирования возбуждения $\alpha_{\text{макс}}$. График приведен при следующих параметрах ТЭД и ТИРВ: $I_{\text{я}} = 500$ А; $f_{\Pi} = 200$ Гц; $R_{\text{в.г}} = 0,01533$ Ом; $L_{\text{в}} = 0,00608$ Г; $R_{\text{ш1}} = 0,2913$ Ом; $R_{\text{ш2}} = 0,00889$ Ом; $R_{\text{з}} = 0,00862$ Ом; $\alpha_{\text{мин}} = 0,36$ и $0,8$.

Коэффициент заполнения $\gamma_{\text{макс}}$, соответствующий максимальным пульсациям тока возбуждения $\Delta I_{\text{в.макс}}$, и сами пульсации в зависимости от параметров схемы, в соответствии с [14] определяются по упрощённой методике и равны:

$$\gamma_{\text{макс}} = \frac{1 - \alpha_{\text{мин}}}{\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\text{мин}}} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - \alpha_{\text{макс}}}{1 - \alpha_{\text{мин}}}} \right), \quad (20)$$

На рис. 16 представлена зависимость пульсаций тока возбуждения ΔI_B тягового электродвигателя ЭД-118Б тепловоза 2ТЭ116 в зависимости от коэффициента заполнения регулятора возбуждения γ при различных значениях максимальной степени регулирования возбуждения $\alpha_{\text{макс}}$. График приведен при следующих параметрах ТЭД и ТИРВ: $I_{\text{я}} = 500$ А; $f_{\Pi} = 200$ Гц; $R_{\text{в.г}} = 0,01533$ Ом; $L_{\text{в}} = 0,00608$ Г; $R_{\text{ш1}} = 0,2913$ Ом; $R_{\text{ш2}} = 0,00889$ Ом; $R_{\text{з}} = 0,00862$ Ом; $\alpha_{\text{мин}} = 0,36$ и $0,8$.

Коэффициент заполнения $\gamma_{\text{макс}}$, соответствующий максимальным пульсациям тока возбуждения $\Delta I_{\text{в.макс}}$, и сами пульсации в зависимости от параметров схемы, в соответствии с [14] определяются по упрощённой методике и равны:

$$\gamma_{\text{макс}} = \frac{1 - \alpha_{\text{мин}}}{\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\text{мин}}} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - \alpha_{\text{макс}}}{1 - \alpha_{\text{мин}}}} \right), \quad (20)$$

$$\Delta I_{\text{в.макс}} = \frac{I_{\text{я}} R_{\text{в}}}{L_{\text{в}} f_{\Pi}} \frac{(1 - \alpha_{\text{мин}})}{(\alpha_{\text{макс}} - \alpha_{\text{мин}})} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - \alpha_{\text{макс}}}{1 - \alpha_{\text{мин}}}} \right)^2. \quad (21)$$

Максимальные пульсации тока возбуждения $\Delta I_{\text{в.макс}}$ зависят от конкретного значения коэффициента заполнения $\gamma_{\text{макс}}$, который, в свою очередь, при постоянных конструктивных параметрах ТЭД зависит только от принятых его крайних степеней ослабления магнитного поля $\alpha_{\text{мин}}$ и $\alpha_{\text{макс}}$. Для рассматриваемого примера (рис. 16) максимальные пульсации при $\alpha_{\text{макс}} = 0,95$ составляют $\Delta I_{\text{в.макс}} = 3,55$ А при $\gamma_{\text{макс}} = 0,78$.

Пульсации тока якоря $\Delta I_{\text{я}}$ в зависимости от коэффициента заполнения γ будут определяться той же формулой (21) с заменой в ней индуктивности $L_{\text{в}}$ на индуктивность обмотки якоря $L_{\text{я}}$ (включая и индуктивность обмотки добавочных полюсов ТЭД).

Пульсации тока якоря $\Delta I_{\text{я}}$ полностью повторяют кривую изменения пульсаций тока возбуждения $\Delta I_{\text{в}}$ со смещением на 180° и

значительно большим максимальным значением $\Delta I_{я, \max}$ из-за меньшей индуктивности рассеяния обмотки якоря.

На рис. 17 приведены для сравнения зависимости пульсаций токов возбуждения и якоря от коэффициента заполнения применительно к электродвигателю ЭД-118Б, индуктивность якоря принята равной $L_{я} = 0,00315$ Г, остальные параметры приведены в тексте к рис. 18.

Максимальные пульсации тока якоря при $\alpha_{\max} = 0,98$ и $\gamma = 0,85$ составляют 8,51 А ($\Delta I_{я, \max}/I_{я} = 1,7\%$), а тока возбуждения – 4,41 А ($\Delta I_{в, \max}/I_{в} = 0,88\%$).

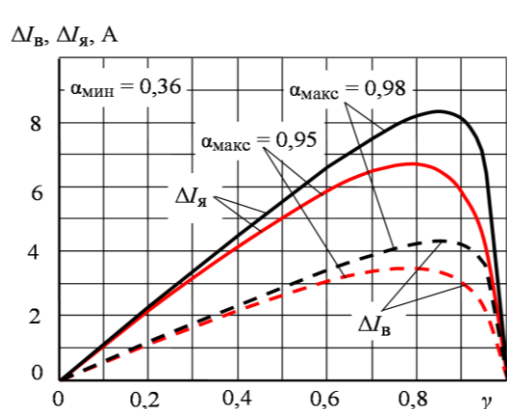


Рис. 17. Зависимость пульсаций тока возбуждения и тока якоря от коэффициента заполнения для электродвигателя ЭД-118Б

Таким образом, форма кривой изменения пульсаций тока якоря $\Delta I_{я}$ полностью определяется кривой изменения пульсаций тока возбуждения ТЭД $\Delta I_{в}$.

Из полученного соотношения (21) и рис. 14–17 можно сделать следующие выводы:

1) При $\gamma = 0$ и $\gamma = 1$, т.е. когда тиристорный регулятор выключен или включён весь период T , пульсации тока отсутствуют.

2) Кривая зависимости пульсаций тока возбуждения $\Delta I_{в}$ от коэффициента заполнения γ электродвигателя имеет нелинейный характер, особенно после коэффициента $\gamma \geq 0,6-0,7$.

3) Чем больше максимальная степень регулирования α_{\max} , тем больше пульсации тока возбуждения, т.к. при этом больше величина сопротивления резистора $R_{ш1}$ и уменьшается его шунтирующее действие.

4) Чем больше минимальная степень возбуждения α_{\min} , т.е. чем больше $R_{ш2}$, тем меньше пульсации тока возбуждения, т.к. при одном и том же коэффициенте заполнения γ диапазон изменения тока возбуждения будет меньше (т.е. меньше тангенс угла наклона линии тока возбуждения, рис. 4). При $\alpha_{\min} = \alpha_{\max}$ – пульсации отсутствуют. Кроме того, при увеличении α_{\min} , максимальное значение пульсаций тока

возбуждения (рис. 17) смещается незначительно в сторону меньших значений коэффициента γ .

5) Максимальные значения пульсации тока возбуждения $\Delta I_{в, \max}$ определяется отдельно для каждой из кривых при конструктивных данных ТЭД и параметров ТИРВ.

4) Чем больше индуктивность обмотки возбуждения ТЭД $L_{в}$ и чем выше частота переключений $f_{п}$, тем пульсации тока возбуждения меньше. Коэффициент заполнения γ_{\max} , при котором получено максимальное значение пульсаций тока, практически не зависит от частоты переключений $f_{п}$.

Таким образом, система плавного ослабления магнитного поля ТЭД посредством шунтировки обмотки возбуждения ТЭД с помощью ТИРВ принципиально выполнима, работоспособна и имеет, несомненно, ряд технических и энергетических преимуществ перед ступенчатым ослаблением магнитного поля, т.к. позволит в дальнейшем получить практически постоянный и большой КПД тепловоза ($\eta_{т} = 0,32...0,323$) в режиме ослабленного магнитного поля возбуждения ТЭД (применительно к тепловозу 2ТЭ116).

Ранее в [12] была приведена работоспособная модель тепловоза с составом с помощью интерактивного инструмента для моделирования SIMULINK, интегрированного в математический пакет MATLAB.

Доработка данной модели позволила исследовать влияние на процессы и результирующие параметры передачи мощности как нестабильности передачи, так и типа возбуждения тяговых двигателей.

На рис.18 приведены результаты моделирования при серийном 5 ступенчатом и плавном возбуждении тяговых электродвигателей тепловоза 2ТЭ116, с составом 2250 т, разгоняющегося на ровной площадке со скорости 35 км/час до конструкционной путем набора позиций контроллера равномерно с 5-й до 15. Для серийной системы возбуждения на скорости 45 км/час включается первая ступень ослабления поля, а на 64 км/час – вторая. При этом в моменты переключений ступеней ослабления поля, а особенно при значительной нестабильности и неблагоприятном сочетании величин сопротивлений обмоток ТЭД и шунтирующих резисторов, скачки токов ТЭД могут достигать 300 А.

Для 5-ступенчатого возбуждения интервал от 45 до 100 км/час разбит на одинаковые участки. При этом скачки токов ТЭД уменьшились до 50 А.

При плавном возбуждении ТЭД токи практически остаются неизменными и минимальными.

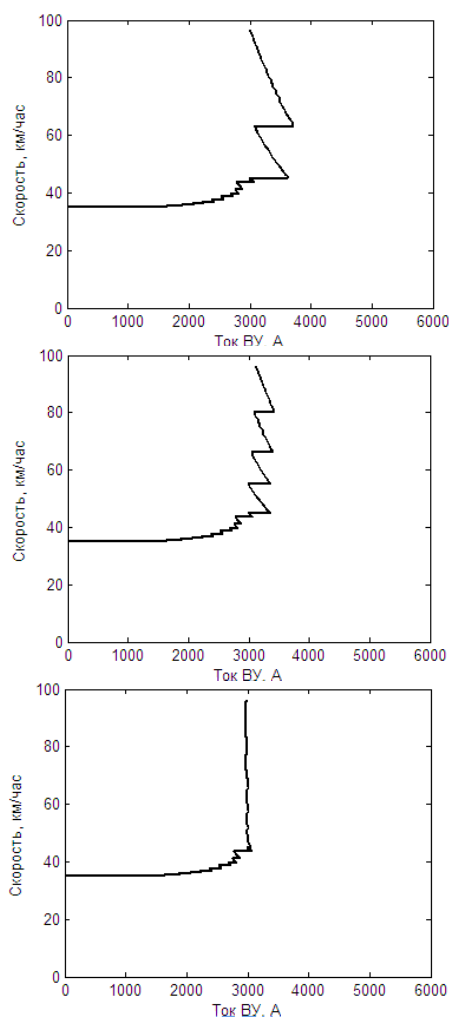


Рис 18. Процесс разгона тепловоза 2ТЭ116 с составом, со скорости 35 км./час на ровной площадке, при серийном, 5 ступенчатом и плавном возбуждении ТЭД.

Выводы из данной работы и перспективы дальнейших исследований. 1. Существующая система ослабления поля тяговых двигателей при нормированных значениях допусков параметров ΔR_B и $\Delta R_\phi (\pm 5\%)$ не позволяет добиться необходимой стабильности коэффициента ослабления поля и, как результат, негативно влияет на протекание переходных процессов в электропередаче.

2. Разница коэффициентов ослабления поля может достигать 22 процента, что подтверждает возможность развития автоколебания в работе системы ослабления поля вместе с реле буксования с большим перерегулированием по току выпрямительной установки и токам тяговых двигателей.

3. Для исключения развития процессов буксования колесных пар тепловозов при ослаблении поля тяговых двигателей предлагается применить двухступенчатое или плавное регулирование их токов возбуждения с помощью

IGBT - транзисторов, управляемых широтно-импульсными модуляторами.

4. Как показали результаты моделирования переходных процессов в электропередаче при плавном регулировании токов возбуждения тяговых двигателей, удается избежать развития процессов буксования колесных пар при интенсивности изменения тока возбуждения $di_B/dt \leq 200A/c$.

5. В качестве базового транзистора может быть использован модуль типа GA 500 TD60U на ток $I = 500 A$.

6. По результатам исследований установлено, что для минимизации потерь в электропередаче и пульсаций токов (<3%) необходимо, чтобы диапазон частот коммутации силовых транзисторов был выше 1 кГц.

7. При окончательном выборе частот следует учитывать уровень влияния и возможность фильтрации высокочастотных помех, обусловленных надежной работой микропроцессорных систем локомотива. В этом направлении необходимо проведение дальнейших исследований. Кроме того, окончательный выбор варианта конструкции системы ослабления поля ТД необходимо установить после тщательного технико-экономического обоснования вариантов.

8. Система плавного ослабления магнитного поля ТЭД посредством шунтировки обмотки возбуждения ТЭД с помощью ТИРВ принципиально выполнима, работоспособна и имеет, несомненно, ряд технических и энергетических преимуществ перед ступенчатым ослаблением магнитного поля, т.к. позволит в дальнейшем получить практически постоянный и большой КПД тепловоза ($\eta_T = 0,32...0,323$) в режиме ослабленного магнитного поля возбуждения ТЭД (применительно к тепловозу 2ТЭ116).

Л и т е р а т у р а

1. Будницкий А.А. Киржнер Д.Л., Калабухов А.С. и др. Совершенствование электрических передач и электрооборудования тепловозов. Тяж. машиностр. – 2000. – № 1. – С. 22-27.
2. Е.Я. Гаккель, Н.Ф. Пушкарев, В.В. Стрекопытов и др. Проектирование систем автоматического управления и защиты тепловозов.-М.: Транспорт, 1979. – 201 с.
3. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов /А.В. Грищенко, В.В. Грачев, С.И. Ким, Ю.И. Клименко и др. - М.: Маршрут, 2004. – 172 с.
4. Исаев И.П. Допуски на характеристики электрических локомотивов. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
5. Бове Е.Г. Противобуксовочная защита на электровозах. Сб. Новое в устройстве и содержании электровозов и тепловозов. – М.: Трансжелдориздат. 1962. – С. 57 – 60.
6. Минов Д.К. Повышение тяговых свойств электровозов и тепловозов с электрической передачей. – М.: Транспорт, 1965. – 257 с.
7. Павленко А.П. Прогнозирование динамических качеств и оптимизация параметров систем “экипаж –

тяговый привод – путь” перспективных локомотивов: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. – Л., 1987. – 42 с.

8. Перегудов Ю.М., Тулинова С.В., Будницкий А.А. Исследование систем управления полем тяговых электродвигателей тепловоза. Труды ВНИТИ, вып. 45, 1977. – С. 124-134.

9. Мейер Б. (Meyer B.) Локомотивы с высокими тягово-сцепными качествами и регулируемым кривом. Железные дороги мира, - 1989. - №5. – С. 18-25.

10. Бауэр Х.П. Оптимальное использование сцепления на электровозе с трехфазным тяговым приводом. Железные дороги мира. – 1987. - №8. – С. 10-23.

11. Ohishi K., Ogawa Y. Adhesion control of electric motor coach based on force nontrol using disturbance observer // IEEE, Advanced Motion Control. – April, 2000. p. 323-328.

12. Тасанг Э.Х., Шапран Е.Н. Моделирование динамических процессов в тяговых передачах локомотивов. // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. Частина II. – 2005. – №8(90). – С. 83-88.

13. Бирзниец Л. В. Импульсные преобразователи постоянного тока / Л. В. Бирзниец. – М.: Энергия, 1974. – 256 с.

14. Корягина Е. Е. Электрооборудование трамваев и троллейбусов / Е. Е. Корягина, О. А. Оскин. – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.

15. Руденко В. С. Основы преобразовательной техники / В. С. Руденко, В. И. Сенько, И. М. Чиженко. – М.: Высш. шк., 1980. – 424 с.

16. Стрекопытов В. В. Электрические передачи локомотивов / В. В. Стрекопытов, А. В. Грищенко, В. А. Кручек. – М.: Знание, 2003. – 310 с.

References

1. Budnickij A.A. Kirzhner D.L., Kalabuhov A.S. i dr. Sovershenstvovanie jelektricheskikh peredach i jelektroroborudovaniya teplovozov. Tjzsh. mashinostr. – 2000. – № 1. – S. 22-27.

2. E.Ja. Gakkel', N.F. Pushkarev, V.V. Strekopytov i dr. Proektirovanie sistem avtomaticheskogo upravlenija i zashhity teplovozov.-M.: Transport, 1979. – 201 s.

3. Mikroprocessornye sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya jelektroroborudovaniya teplovozov /A.V. Grishhenko, V.V. Grachev, S.I. Kim, Ju.I. Kli-menko i dr. M.: Marshrut, 2004. – 172 s.

4. Isaev I.P. Dopuski na harakteristiki jelektricheskikh lokomotivov. – М.: Transport, 1980. – 471 s.

5. Bove E.G. Protivoboksovochnaja zashhita na jelektroroborudovanii. Sb. Novoe v ust-rojstve i soderzhanii jelektroroborudovaniya i teplovozov. – М.: Transzheldoriz-dat. 1962. – S. 57 – 60.

6. Minov D.K. Povyshenie tjagovykh svojstv jelektroroborudovaniya i teplovozov s jelektricheskoi peredachej. – М.: Transport, 1965. – 257 s.

7. Pavlenko A.P. Prognozirovanie dinamiceskikh kachestv i optimizacija parametrov sistem “jekipazh – tjagovyj privod – put” perspektivnykh lo-komotivov: Avtoref. diss. ... d-ra tehn. nauk. – L., 1987. – 42 s.

8. Peregudov Ju.M., Tulanova S.V., Budnickij A.A. Issledovanie sistem upravlenija polem tjagovykh jelektroroborudovaniya teplovozov. Trudy VNIPI, vyp. 45, 1977. S. 124-134.

9. Mejer B. (Meyer B.) Lokomotivy s vysokimi tjagovo-scepnymi kachestva-mi i reguliruemym kripom. Zheleznyye dorogi mira, 1989. №5. – S. 18-25.

10. Baujer H.P. Optimal'noe ispol'zovanie sceplenija na

jelektroroborudovanii. Zheleznyye dorogi mira. – 1987. №8. – S. 10-23.

11. Ohishi K., Ogawa Y. Adhesion control of electric motor coach based on force nontrol using disturbance observer // IEEE, Advanced Motion Control. – April, 2000. p. 323-328.

12. Tasang Je.H., Shapran E.N. Modelirovanie dinamiceskikh processov v tjagovykh peredachah lokomotivov. // Visn. Shidnoukr. nac. un-tu. Chastina II. – 2005. – №8(90). – S. 83-88.

13. Birznieks L. V. Impul'snye preobrazovateli postojannogo toka / L. V. Birznieks. – М.: Jenergija, 1974. – 256 s.

14. Korjagina E. E. Jelektrooborudovanie tramvaev i trollejbusov / E. E. Korjagina, O. A. Os'kin. – М.: Transport, 1982. – 296 s.

15. Rudenko V. S. Osnovy preobrazovatel'noj tehniki / V. S. Rudenko, V. I. Sen'ko, I. M. Chizhenko. – М.: Vyssh. shk., 1980. – 424 s.

16. Strekopytov V. V. Jelektricheskie peredachi lokomotivov / V. V. Streko-pytov, A. V. Grishhenko, V. A. Kruchek. – М.: Znanie, 2003. – 310 s.

Tasang E.H., Byikadorov V.V, Klyuev A.S, Ivanova E.I.

THE ELECTRIC MOTOR EXCITATION SYSTEM IMPROVEMENT

The technique for determining the basic parameters of the regulator of excitation is described and the results of calculations are shown when using the serial, 5-step and smooth thyristor-pulse regulation of the locomotive traction motors excitation.

Key words: diesel locomotive, traction electric motor, smooth excitation, thyristor regulator, degree of attenuation, duty cycle.

Тасанг Эрик Хельмутович – старший преподаватель кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: tasang@mail.ua

Tasang Erik Helmutovich – senior lecturer of the «Railway transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.
E-mail: tasang@mail.ua

Быкадоров Вадим Викторович – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: bykadorov19.09@mail.ru

Bykadorov Vadim Viktorovich – candidate of technical sciences, associate professor, Head of «Railway transport», Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.
E-mail: bykadorov19.09@mail.ru

Клюев Александр Семенович – старший преподаватель кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».
E-mail: aklyuev1954@gmail.com

Klyuev Alexander Semenovich – senior lecturer of the «Railway transport» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: aklyuev1954@gmail.com

Иванова Елена Ивановна – ассистент кафедры «Железнодорожный транспорт», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: eleandra1@mail.ru

Ivanova Elena Ivanovna – assistant of «Railway transport», Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: eleandra1@mail.ru

Рецензент: Витренко В.А., д.т.н., проф., зав. каф. «Технологии машиностроения и инженерного консалтинга», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 11.01.2017

УДК 658.563

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ С ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКОЙ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ СТЕЛЛАЖНЫХ СКЛАДОВ

Турушина Н.В., Турушин В.А., Редько А.М.

THE USE OF TRANSPORT DEVICES WITH AIR PILLOW FOR MECHANIZATION AND AUTOMATION OF WAREHOUSE SHELVING

Turushina N.V., Turushin V.A., Redko A.M.

Статья посвящена вопросам совершенствования транспортно-складских работ, а именно комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и транспортных операций в зонах приемки, хранения и отправки грузов. Приведено устройство этажа металлического стеллажа для автоматизации выдачи и установки на хранение штучных грузов на поддонах, имеющее преимущество по сравнению с существующими.

Ключевые слова: конвейер, воздушная подушка, ячейка, ресиверная камера, питающие каналы.

Введение. Одним из направлений совершенствования транспортно-складских работ является комплексная механизация и автоматизация погрузочно - разгрузочных и транспортных операций в зонах приемки, хранения и отправки грузов. В стеллажных складах, предназначенных для хранения штучных грузов, эти операции в настоящее время выполняются с помощью различных подъемно-транспортных машин. Наибольшее распространение здесь нашли краны-штабелеры. Однако применение этих машин требует значительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Кроме того, автоматизация работ с применением кранов-штабелеров влечет за собой создание весьма сложных и дорогостоящих систем.

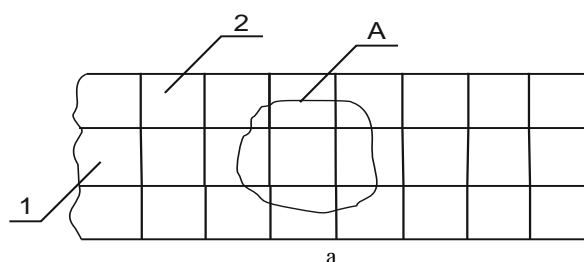
Анализ последних исследований и публикаций. Анализ существующих конструкций и результатов проведенных ранее исследований бесприводных транспортных устройств с воздушной подушкой с наклонными питающими каналами показал недостаточную работоспособность и эффективность применения этих устройств при транспортировании штучных грузов, а также возможность их использования для механизации и автоматизации транспортно-складских работ в стеллажных складах.

Цель статьи. Целью статьи является разработка принципиальной схемы механизации транспортно-складских работ в зоне хранения

стеллажного склада с использованием транспортных средств с воздушной подушкой [1].

Материалы и результаты исследования. Зона хранения стеллажного склада представляет собой многорядную систему многоярусных стеллажей с ячейками для хранения грузов. Между рядами стеллажей оставляются транспортные проходы для работы подъемнотранспортных механизмов [2, 5]. При обслуживании склада кранами-штабелерами ширина этих проходов в зависимости от типа крана составляет от 1,0 до 2,5 м, что влечет за собой появление значительных неиспользуемых для хранения площадей склада. При использовании транспортных устройств с воздушной подушкой эти проходы могут быть уменьшены до размеров груза, так как перемещение груза вдоль стеллажа может осуществляться с помощью конвейеров с воздушной подушкой с наклонными питающими каналами [3, 4].

Принципиальное устройство яруса стеллажа с использованием транспортных средств с воздушной подушкой представлена на рис. 1. Ярус состоит из продольного транспортного конвейера 1 с воздушной подушкой и ячеек 2, расположенных по обе стороны конвейера. Транспортное устройство ячейки имеет ресиверную камеру 3, несущую плиту 4 с наклонными питающими каналами и управляющую плиту 7 с вертикальными питающими каналами 8, которая устанавливается в нужное положение устройством 9.



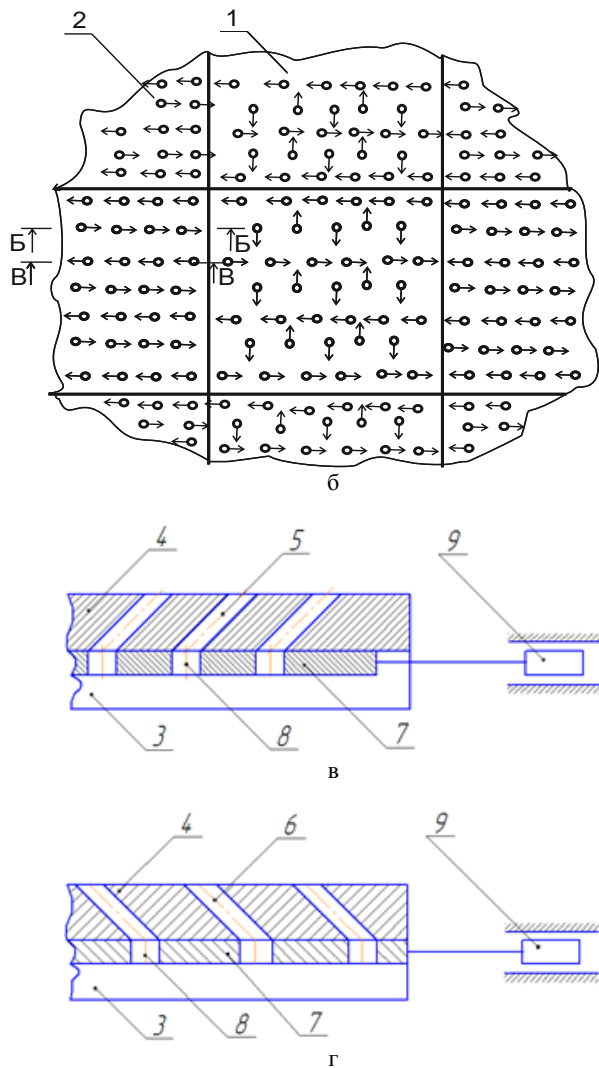


Рис. 1. Принципиальное устройство яруса стеллажа с использованием транспортных средств с воздушной подушкой: а – вид сверху, б – вид А; в – сечение Б-Б; г – сечение В-В;
 1 – транспортный конвейер, 2 – ячейка стеллажа, 3 – ресиверная камера, 4 – несущая плита, 5, 6, 8 – питающие каналы, 7 – управляющая плита, 9 – управляющее устройство

При выдаче груза (поддона с грузом) из ячейки 2 стеллажа управляющая плита 7 с помощью устройства 9 устанавливается в такое положение, при котором питающие каналы 5 открыты, а каналы 6 закрыты. Воздух, который находится под давлением в ресиверной камере 3, поступает через питающие каналы 8 и 5 под опорную поверхность поддона. Между несущей плитой 4 ячейки 2 стеллажа и опорной поверхностью поддона создается воздушная подушка. За счет действия наклонных воздушных струй, направленных в сторону движения, поддон с грузом подается на конвейер 1. Установка поддонов в ячейке стеллажа производится в обратном порядке, при этом наклонные питающие каналы 6 открыты, а каналы 5 закрыты.

Несущая плита транспортного конвейера, сопряженная с действующей ячейкой, имеет питающие каналы, обеспечивающие движение поддона как при транспортировании конвейером, так и при подаче его в ячейку и выдаче из ячейки, для чего каналам придается наклон в соответствующую сторону. Управление движением поддона осуществляется управляющей плитой, причем она имеет пять фиксированных положений, два из которых предназначены для обеспечения реверсивного движения на транспортном конвейере, два – для подачи или выдачи поддона из соответствующей ячейки, и одно – для перекрытия всех каналов. Перемещение управляющей плиты секции конвейера синхронизируется с соответствующим перемещением управляющей плиты ячейки.

Выводы. Замена используемого в настоящее время в зоне хранения стеллажных складов подъемнотранспортного оборудования бесприводными транспортными устройствами с воздушной подушкой с наклонными питающими каналами позволяет:

- более эффективно использовать производственные площади за счет уменьшения транспортных проходов;
- снизить затраты энергии на транспортноскладские работы;
- повысить безопасность работ, так как используемые в настоящее время подъемнотранспортные машины являются объектами повышенной опасности;
- упростить схему автоматизации транспортноскладских работ.

Л и т е р а т у р а

1. Патент на корисну модель 59592, Україна, МПК (2011.01) В 65 G 1/00. Металеві стелажі для зберігання вантажів / Турушин В.О., Редько А.М., Турушина Н.В.; заявник та патентовласник Східноукраїнський націон. ун-т ім. В. Даля. -№ u2010 12485; заяв. 22.10.2010, опубл. 25.05.2011, Бюл. №10.
2. Турушин В.А., Редько А.М., Турушина Н. В. Складские стеллажи с воздушной подушкой // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2010. – № 4 (146), частина 2. – С. 25-27.
3. Демичев Г.М. Складское и транспортное хозяйство. – М.: Высшая школа, 1975. – 296 с.
4. Смехов А.А. Автоматизация управления транспортно-складскими процессами. – М.: Транспорт, 1985. – 239 с.
5. Маликов О.В. Проектирование автоматизированных складов штучных грузов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 240 с.

References

1. Patent na korisny model 52592, Ukraїna, MPK (2011.01) B65 G 1/00. Metalevi stelagi dly zberiganiy vantaziv / Turushin V.O., Redko A.M., Turushina N. V; zjavnik ta patentovlasnik Shidnoukrains'kij nacional'nij universitet im. V. Dalja. – № u2010 12485; zjavl. 22.10.2010; opubl. 25.05.2011, Bjul. № 10.

2. Turushin V.O., Redko A.M., Turushina N. V. Skladskie stelagi s vozdyhnoj podyhkoj // Visnik SNU im. V. Dalja. – 2010. – № 4 (146), chastina 2. – P. 25-27.

3. Demishev G.M. Sladskoe i transportnoe hozhajstvo. – M.: Vishaja hkola, 1975. – 296 s.

4. Smehov A.A. Automation Control transport process skladskymy dumplings. – M.: Transport, 1985. – 239 p.

5. Malikov O.V. Designing avtomatyzirovannih component shtuchnih goods. – L.: Mashinostroenie, 1980. – 240 p.

Turushina N.V., Turushin V.A., Redko A.M.
THE USE OF TRANSPORT DEVICES WITH AIR PILLOW MECHANIZATION AND AUTOMATION OF WAREHOUSE SHELVING

The article is devoted to the improvement of transport and storage, namely integrated mechanization and automation of handling and transport operations in the areas of receiving, storage and dispatch of goods. When you place the device floor metal display rack for automated delivery and installation to the storage of unit loads on pallets, which is an advantage compared to existing.

Keywords: conveyor, air cushion, cell recovery chamber, feed channels.

Турушин Владимир Александрович – к.т.н, проф. кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Turusin Vladimir Aleksandrovich – candidate of technical Sciences, Professor of the Department "Transport

systems" Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: logistikatt@mail.ru

Турушина Наталья Владимировна – старший преподаватель кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Turushina Natalya Vladimirovna – senior lecturer of the «Transport systems» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: logistikatt@mail.ru

Редько Анатолий Михайлович – к.т.н, доцент кафедры «Транспортные системы», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: logistikatt@mail.ru

Redko Anatoly Mikhailovich – PhD, associate Professor of the Department "Transport systems" Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: logistikatt@mail.ru

Рецензент: Будиков Л.Я., д.т.н., проф., зав. каф. подъемно-транспортной техники, ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017

УДК 621.43

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА С РЕГУЛЯТОРОМ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Тырловой С.И., Карнаух И.М.

INCREASE OF PRECISION ACCURACY OF RATE OF ROTATION DIESEL-GENERATOR WITH REGULATOR OF DIRECT ACTION

Tyrlovoy SI, Karnaukh I.M.

Показано, что применением катаракта в составе рассматриваемого регулятора прямого действия и должном выборе конструктивных параметров, а именно - постоянной времени катаракта (T_k) - удастся снизить ошибку регулирования (δ_p) до 0,01 (1%) при сохранении устойчивости переходных процессов. При этом качество работы предложенного регулятора приближается к показателям существенно более сложных и дорогих изодромных регуляторов непрямого действия. Длительность переходного процесса при этом не превышает 3-х секунд. Эти значения приемлемы для большинства существующих дизель - генераторов самого различного назначения.

Ключевые слова: регулятор, катаракт, переходной процесс, ошибка регулирования.

Введение. Показатели переходных процессов дизелей в значительной степени зависят от динамических свойств системы автоматического регулирования (САР), а для автомобильных двигателей переходные процессы составляют значительную часть эксплуатационных режимов. Повышение точности регулирования связано с повышением стоимости системы управления и иногда - со снижением надежности. Механические регуляторы не исчерпали возможностей своего совершенствования и продолжают широко использоваться [1] в дизелях различного назначения, в том числе и из-за более низкой стоимости. Поэтому представляет интерес получить простой и недорогой регулятор, обеспечивающий в то же время заданную точность.

Анализ последних исследований и публикаций. Устройство систем регулирования и их функционирование достаточно хорошо описаны во многих работах, например [1,2,3,4]. Математическое описание отдельных элементов систем дано в [4-6] и других. Однако отсутствуют конкретные данные по точности регулирования частоты вращения дизель-генераторов с различными механическими регуляторами прямого действия.

Цель работы – на основе проведенного исследования предложить достаточно простой регулятор прямого действия и показать, что при условии должного выбора его конструктивных параметров он может быть с успехом применен для двигателей с весьма сложными и дорогими системами регулирования, к которым предъявляются повышенные требования точности поддержания заданного скоростного режима при различных нагрузках.

Материалы и результаты исследования. Как показано в работе [4], качество работы регулятора прямого действия с введением в его конструкцию катаракта может приблизиться к качеству работы существенно более дорогих изодромных регуляторов непрямого действия. За основу была взята схема регулятора [7], которая показана на рис. 1.

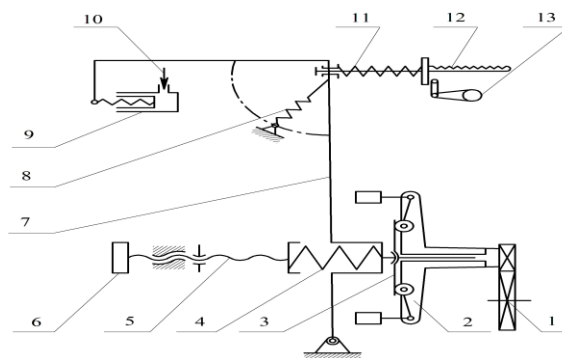


Рис. 1. Кинематическая схема регулятора Р-11М:
1 – шестерня; 2 – крестовина; 3 – муфта; 4 – главная пружина; 5 – регулировочный винт; 6 – рукоятка регулирования оборотов; 7 – рычаг; 8 – дополнительная пружина; 9 – катаракт; 10 – игла катаракта; 11 – пружина рейки; 12 – рейка; 13 – рукоятка включения

Анализ устойчивости работы системы автоматического регулирования (САР) с

предложенным регулятором проводился с использованием известного [4] критерия устойчивости А. Гурвица. Определялся порог устойчивости САР при минимальной статической ошибке регулирования.

Система дифференциальных уравнений, описывающая движение САР, состоящей из двигателя и предложенного регулятора, в состав которого входит встроенный катаракт (эффективность действия которого зависит от должного выбора значения постоянной времени T_K), имеет вид [4]:

$$\begin{cases} T_D \cdot \frac{d\varphi}{dt} + K_D \cdot \varphi = -\eta + \lambda(t) - \text{двигатель} \\ T_P^2 \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} + T_K \cdot \frac{d\eta}{dt} + \delta_P \cdot \eta = \varphi - \text{регулятор}. \end{cases} \quad (1)$$

Главный определитель системы уравнений (1):

$$\Delta = \begin{vmatrix} Tg \cdot P + Kg & 1 \\ -1 & T_P^2 \cdot P^2 + T_K \cdot P + \delta_P \end{vmatrix} = A_3 \cdot P^3 + A_2 \cdot P^2 + A_1 \cdot P + A_0 + 1, \quad (2)$$

где $A_3 = T_P^2 \cdot Tg$, $A_2 = Tg \cdot T_K + T_P^2 \cdot Kg$, $A_1 = Tg \cdot \delta_P + T_K \cdot Kg$, $A_0 = Kg \cdot \delta_P$ - коэффициенты характеристического уравнения, P - символ дифференцирования переменной величины по времени: $P = \frac{d}{dt}$.

Характеристическое уравнение движения САР можно записать в виде:

$$P^3 + a_2 \cdot P^2 + a_1 \cdot P + a_0 = 0, \quad (3)$$

где $a_2 = \frac{A_2}{A_3}$, $a_1 = \frac{A_1}{A_3}$, $a_0 = \frac{A_0}{A_3}$.

Устойчивость САР оценивалась по критерию А. Гурвица, согласно которому "Система устойчива, если все коэффициенты (a_0 , a_1 и a_2) характеристического уравнения положительны, главный определитель Δ_Γ и все его диагональные миноры, составленные должным образом из коэффициентов a_0 , a_1 и a_2 - положительны".

Главный определитель А. Гурвица для системы уравнений (1) имеет вид:

$$\Delta_\Gamma = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ 1 & a_1 \end{vmatrix} = a_2 \cdot a_1 - a_0, \quad (4)$$

в котором диагональные миноры отсутствуют.

При следующих принятых данных: $T_D = 1,45$; $K_D = 17 \cdot 10^{-2}$; $T_P^2 = 11 \cdot 10^{-6}$; $T_K = 7 \cdot 10^{-3}$ и $\delta_P = 0,01$ - коэффициенты в уравнении (2) будут равны:

$$A_3 = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 1,45 = 0,00001595;$$

$$A_2 = 1,45 \cdot 7 \cdot 10^{-3} + 11 \cdot 10^{-6} \cdot 17 \cdot 10^{-2} = 0,01015187;$$

$$A_1 = 1,45 \cdot 10 \cdot 10^{-2} + 7 \cdot 10^{-3} \cdot 17 \cdot 10^{-2} = 0,14619;$$

$$A_0 = 17 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-2} = 0,017.$$

Тогда коэффициенты в уравнении (3), соответственно, будут равняться:

$$a_2 = \frac{0,01015187}{0,00001595} = 636,481;$$

$$a_1 = \frac{0,14619}{0,00001595} = 9165,52;$$

$$a_0 = \frac{0,017}{0,00001595} = 1065,83.$$

При таких значениях коэффициентов главный определитель А. Гурвица (4) оказывается положительным и равен $\Delta_\Gamma = 5832611$, диагональные миноры отсутствуют, все коэффициенты (a_0 , a_1 и a_2) характеристического уравнения положительны, следовательно, можно добиться устойчивости системы при ошибке 0,01 (1%).

Для получения числовых значений коэффициентов уравнений динамики предельно устойчивой САР (с катарактом и без него) проведены расчетные исследования применительно к дизелю 6Ч12/14. Переходные процессы наброса (приема) нагрузки для САР прямого действия моделировались на основе численного интегрирования системы дифференциальных уравнений (1) в 2-х вариантах.

1-й вариант (без катаракта). Исходные данные для двигателя 6Ч12/14 [7]. $T_D = 1,3$ с - постоянная времени двигателя. $K_D = 0,05$ - коэффициент самовыравнивания $T_P = 1,00E-05$ с² - постоянная времени измерителя. $T_K = 0,0007$ с - постоянная времени катаракта. $\delta_P = 0,01$ - ошибка регулирования.

Результаты расчета этого варианта при набросе нагрузки на дизель 6Ч12/14 показаны на рис. 2.

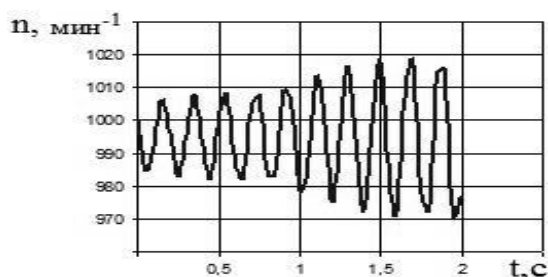


Рис. 2. Частота вращения дизеля в переходном процессе без катаракта при ошибке 0,01

Из приведённых данных видно, что переходной процесс неустойчив, возможны останов или разнос дизеля, а в качестве дизель-генератор такой двигатель использовать нельзя, так как устойчивость достигается, как показали результаты расчета, только при ошибке регулирования 18%.

2-й вариант (с катарактом)

- Тд - Постоянная времени двигателя 1,3 с
- Кд - Коэффициент самовыравнивания 0,05
- Тр - Постоянная времени измерителя 1,00E-05 с²
- Тк - Постоянная времени катаракта 0,007 с
- δ_p - Степень неравномерности 0,01

Результаты расчета этого варианта показаны рис. 3.

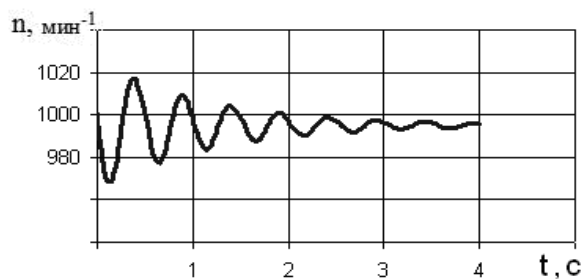


Рис. 3. Изменение частоты вращения вала двигателя с катарактом при ошибке 0,01

В этом случае (при использовании катаракта) обеспечивается устойчивость переходных процессов при заданной ошибке регулирования 1%. Это подтверждает известное «крылатое» выражение проф. И.И. Вышеградского «без катаракта нет регулятора».

Выводы. В результате проведенных расчетных исследований получены следующие результаты.

1. Выполненный анализ устойчивости САР по критерию Гурвица показал, что применением катаракта можно, в принципе, добиться устойчивости системы при ошибке 0,01 (1%).

2. Установлено, что при отсутствии катаракта ($T_k \approx 0$) при ошибке δ_p менее 18% САР становится неустойчивой, а следовательно, непригодной для эксплуатации.

3. Выполненное конкретное расчетное исследование, на основе численного моделирования дифференциальных уравнений движения системы автоматического регулирования дизеля 6Ч12/14 позволило заключить, что при наличии катаракта с постоянной времени $T_k=0,007$ с удастся добиться устойчивости переходных процессов данной САР при ошибке регулирования $\delta_p = 0,01$. Длительность переходного процесса при этом не превышает 3-х секунд. Эти значения приемлемы для большинства существующих дизель-генераторов самого различного назначения.

Л и т е р а т у р а

1. Die Deutsche Bibliothek-CIP-Einheitsaufnahme. Dieselmotor-Management /Bosch. Hrsg.: Robert Bosch GmbH, Unternehmensbereich Kraftfahrzeug-Ausrüstung, Abteilung Technische Information (KH/VDT). Chef-Red.: Horst Bauer, Autoren: K.-O. Riesenberg...], aktualisierte und erw. Aufl.-Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1998.- 304 s.
2. Марчеико А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Т. 3. Комп'ютерні системи керування ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова.— Харків: Прапор, 2004.- 344 с.
3. Грехов Л. В. Топливная аппаратура с электронным управлением дизелей и двигателей с непосредственным впрыском бензина. Учебно-методическое пособие. - М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2001.- 176 с.
4. Крутов В. И. Автоматическое регулирование и управление ДВС. - М. : Машиностроение, 1989. - 416 с.
5. Врублевський О. М. Наукові основи вибору параметрів акумуляторної паливної апаратури з електронним керуванням для високообертового дизеля. Автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.05.03 / О. М. Врублевський. - Х. : ХНАДУ, 2010. – 36 с.
6. Мешков Д. В. Розробка системи паливopодачі з електронним керуванням автотракторного дизеля з лінійним п'єзоелектричним перетворювачем. Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Д. В. Мешков. - Х. : ХНАДУ, 2010. – 20 с.
7. Дизели ряда 6Ч12/14. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - М.:Машиностроение. 1981.-171 с.

References

1. Die Deutsche Bibliothek-CIP-Einheitsaufnahme. Dieselmotor-Management /Bosch. Hrsg.: Robert Bosch GmbH, Unternehmensbereich Kraftfahrzeug-Ausrüstung, Abteilung Technische Information (KH/VDT). Chef-Red.: Horst Bauer, Autoren: K.O. Riesenberg...], aktualisierte und erw. Aufl.-Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1998.- 304 s.
2. Marcheiko A. P., Rjazancev M. K., Shehovcov A. F. Dviguni vnutrishn'ogo zgorjannja: Serija pidruchnikov u 6 tomah. T. 3. Komp'juterni sistemi keruvannja DVZ / Za red. prof. A. P. Marchenka ta Zasl. dijacha nauki Ukraïni prof. A. F. Shehovcova.— Harkiv: Prapor, 2004. 344 s.
3. Grehov L. V. Toplivnaja apparatura s jelektronnym upravleniem dizelej i dvigatelej s neposredstven-nym vpryskom benzina. Uchebno-metodicheskoe posobie. - M.: Izd-vo "Legion-Avtodata", 2001.- 176 s.
4. Krutov V. I. Avtomaticheskoe regulirovanie i upravlenie DVS. - M. : Mashinostroenie, 1989. - 416 s.
5. Vrublevs'kij O. M. Naukovi osnovi vioru parametriv akumuljatornoï palivnoï aparaturi z elektronnim keruvannjam dlja visokoobertovogo dizelja. Avto-ref. diss. ... dokt. tehn. nauk : 05.05.03 / O. M. Vrublevs'kij. - H. : HNADU, 2010. – 36 s.
6. Meshkov D. V. Rozrobka sistemi palivopodachi z jelektronnim keruvannjam avtotraktornogo dizelja z li-nijnim p'ezoelektrichnim peretvorjuvachem. Avto-ref. diss. ... kand. tehn. nauk : 05.05.03 / D. V. Meshkov. - H. : HNADU, 2010. – 20 s.
7. Dizeli rjada 6Ch12/14. Tehnicheskoe opisanie i instrukcija po jekspluatácii. M.:Mashinostroenie. 1981.-171 s.

Tyrlovoy SI, Karnaukh I.M.
INCREASE OF PRECISION ACCURACY OF RATE OF ROTATION DIESEL-GENERATOR WITH REGULATOR OF DIRECT ACTION

It is shown that the cataract application in the composition of the direct regulator in question and the proper choice of design parameters, namely the cataract time constant (T_k), can significantly reduce the control error (δp) while maintaining the stability of the transient processes. The concrete calculation study performed on the basis of numerical modeling of the differential equations of motion of the automatic regulation system of the 6-cylinder diesel dimension 12/14 made it possible to conclude that in the presence of a cataract with a time constant $T_k=0.007c$, it is possible to achieve the stability of the transient processes of this automatic system with a control error $\delta p = 1\%$. The duration of the transient process does not exceed 3 seconds. These values are acceptable for most existing diesel generators of the most diverse applications, while the quality of the proposed regulator approaches that of significantly more complex and expensive regulators of indirect action.

Key words: regulator, cataract, transient process, control error.

Тырловой Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

E-mail: tyrlovoy.si@mail.ru

Sergey I. Tyrlovoy, Cand. Tech. Sci., Associate Professor of the «Internal Combustion Engines» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

Карнаух Иван Михайлович, студент гр. ТЛ-831 кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Ivan M. Karnaukh, student gr. TL-831 of the «Internal Combustion Engines» Department of Volodymyr Dahl Lugansk National University.

Рецензент: Куликов Ю.А., д.т.н., проф., зав. каф. «Двигатели внутреннего сгорания», ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 31.03.2017 г.

УДК 378.015.311 (043.3)

ВОСПИТАНИЕ ИНТЕЛЛИГЕНТНОСТИ У СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ ЛИЧНОСТИ

Дзундза А. И., Фунтикова Н. В.

EDUCATION OF INTELLIGENTSHIP IN STUDENT YOUTH AS A MEANS FOR FORMING THE CULTURAL IDENTITY OF THE PERSON

Dzundza A. I., Funtikova N. V.

В статье рассматривается воспитание интеллигентности у студенческой молодежи как одно из средств формирования культурной идентичности личности. Авторы статьи считают, что одна из главных задач системы высшего профессионального образования – это трансляция культурных ценностей и смыслов, поэтому анализируют возможные пути построения образовательного пространства, ориентированного на гуманистические ценности и идеалы.

***Ключевые слова:** воспитание, интеллигентность, культурная идентичность, высшее образование, студенческая молодежь.*

Введение. Современные социально-политические процессы, происходящие в нашем регионе, обуславливают необходимость выявления тех идей, которые могут стать объединяющими для людей с разным уровнем образования, профессиональными интересами, жизненным укладом. Одна из таких идей – идея «Русского мира» – это, прежде всего, объединение, создание общности всех тех людей, для кого судьба России неотделима от собственной судьбы, для кого понятия «русская культура», «русское слово» связаны с главными жизненными ценностями и смыслами. Развитие, укрепление «Русского мира» невозможно без целенаправленного формирования у подрастающего поколения чувства принадлежности к русской культуре, культурной идентичности личности.

Трансляция культурных ценностей и смыслов – одна из главных задач системы образования, строящейся на гуманистических основаниях. Анализ возрастных психологических особенностей студенческой молодежи позволяет утверждать, что именно этот возраст (примерно 18-25 лет) является наиболее сензитивным для формирования жизненных приоритетов и культурной идентичности личности.

Проблемы воспитания личности в высшей

школе всегда были и остаются одними из самых дискуссионных и в научной педагогической среде, и среди педагогов-практиков. Причем традиционно обсуждается очень широкий спектр проблем – от принципиальной необходимости и возможности целенаправленного воспитательного воздействия на личность студента до анализа эффективности различных средств и методов воспитания.

Современная педагогическая наука и социокультурные процессы, происходящие в обществе, не оставляют места для сомнений в целесообразности разработки и реализации глубоко теоретически обоснованных педагогических систем воспитания студенческой молодежи. Но многообразие эффективных трендов в сфере современного высшего образования – от десакрализации знания и глэм-науки, тривиализации и коммодификации высшего образования до так называемых «мак-университетов» – безусловно, актуализируют необходимость поиска столь же ярких и привлекательных концепций, которые утверждали бы возможность и эффективность процесса целенаправленного формирования культурной идентичности личности в процессе профессиональной подготовки.

В педагогической науке и практике накоплен значительный опыт построения таких систем, однако проблема обеспечения эффективности процесса воспитания и в системе образования в целом, и особенно в высшей школе пока не решена. Именно поэтому целью данной статьи является выявление содержания процесса воспитания интеллигентности как средства формирования культурной идентичности у студенческой молодежи в современных условиях.

Изложение основных материалов.

Воспитание, будучи сложным, целенаправленным, многослойным процессом, в то же время является процессом очень деликатным, поскольку связано с определенным вмешательством в личность, ее

внутренний мир, смысловую сферу и выстроенную систему ценностей.

Исследования в разных областях человековедческих наук дают возможность сформировать представление о человеке как живой открытой многоуровневой системе, способной к самоорганизации и созданию новых структур и форм организации собственного существования.

Сегодня очевидно, что сама идея целостности, целостного подхода является одной из центральных и системообразующих в изучении и понимании человека. Представления о целостном человеке как единстве трех качественно различных частей – тела, души и духа – являются основой многих философских и религиозных учений. О трихотомической модели человека писал апостол Павел: «Сам же Бог мира да освятит вас во всей полноте, и ваш дух и душа и тело во всей целостности пусть сохранится без порока» [25, с. 1297]. Тело, душа и дух, соединяясь, выстраивают иерархическую структуру человека. Как отмечал Б. Вышеславцев, «... душа по ценности выше тела, и она «одушевляет тело»; дух выше тела и души, и он «одухотворяет» тело и душу» [5, с. 166]. В то же время тело, душа и дух – различные, но неразрывные в этой иерархии составляющие – взаимодействуют и взаимовлияют: «дух не противопоставляется душе и телу, и победа духа совсем не означает уничтожения или унижения души и тела. Душа и тело человека, то есть его природное естество, могут быть в духе, введены в духовный порядок, спиритуализированы. Достижение целостности человеческого существования и означает, что дух овладевает душой и телом» (Н. Бердяев) [3, с. 32–33].

Синтез идей западноевропейских философов, российских космистов, украинских философов дают возможность, как отмечает Г. Шевченко, «... представить образ идеального человека как «целокупной» личности, в которой гармонично соединяются телесное, душевное и духовное и которая стремится к самосовершенствованию, вечному поиску смысла жизни» [40, с. 114].

Традиция целостного понимания природы человека, разработанная в работах И. Канта (целостность природы человека), Э. Кречмера (взаимообусловленность физической и психической природы человека), В. Мерлина (учение об интегральной индивидуальности), Б. Ананьева (психологическая антропология), В. Козлова (интегративная методология), К. Уилбера (интегральный подход, интегральная модель AQAL) и других ученых, требует такого же целостного подхода и к рассмотрению отдельных аспектов, связанных с изучением человека.

Именно поэтому, стремясь к поиску эффективных средств воспитания человека культуры, мы обращаемся к категории духовности как интегрального качества человека, которое характеризует и самого человека, и его

существование как истинно человеческие.

Духовность конституирует способность человека к самотворчеству, его способность и готовность творить и гармонизировать собственный внутренний мир по законам Истины, Добра и Красоты. Современное понимание духовности как способности переносить общечеловеческие ценности во внутренний мир человека и дает возможность выработки человеком гуманистических смыслоразличительных ориентиров, которые и становятся основой содержания воспитания в современной высшей школе.

Специфическим способом существования духовности, как отмечает Л. Келеман, является интеллигентность, качество, дающее возможность духовности проявиться опосредованно, во внутренней настроенности человека на гармоничные внешние проявления, активное поведение, творческие поступки, в способности человека «... сознательно относиться к общественно-историческому процессу жизни и принимать участие в его творческом преобразовании и развитии» (Л. Келеман).

Слова «интеллигентность», «интеллигентный» в русском языке имеют специфические значения, не вполне тождественные тем, в которых аналоги этих слов употребляются в европейских языках. Неповторимость и самобытность такого понимания этих слов подчеркивают: В. Гаррос, которая отмечает, что «... слово интеллигентность не может быть переведено, а явление, которое оно обозначает, не может быть определено. Впрочем, невозможность перевода – свойство и самого явления» [6, с. 131], В. Набоков, который в письме к Э. Уилсону свидетельствует о том, что «моральная чистота и бескорыстие российских интеллигентов вообще-то не имеют аналогов на Западе» [26, с. 32], Г. Федотов, который считает, что понятие, обозначаемое словом «интеллигентность», существует лишь в русском языке, «...европейские языки заимствуют... это слово в русском его понимании, но неудачно, у них нет вещи, которая могла бы быть названа этим именем» [36, с. 398]. На отсутствии смысловых аналогов слов «интеллигентность», «интеллигентный» настаивают и другие исследователи [34, с. 12]. Именно это дает основания ученым считать эти слова и понятия типично русскими, российскими, ставшими впоследствии источником заимствований в другие европейские языки.

Результаты исследований. Воспитание, имея дело с человеком как целостностью, должно строиться на основе интеграционного подхода и к определению цели воспитания, и к выбору методов и средств воспитательного воздействия, то есть быть синкретичным по своей сути и в своих проявлениях. Акцентирование, часто конъюнктурно обусловленное, отдельных направлений воспитания, игнорирование целостного подхода к

формированию личности ведет к неэффективности воспитательного процесса, превращению его в набор отдельных мероприятий, подмене системности работы демонстративностью и, в конце концов, к компрометированию самой идеи воспитательной системы высшего учебного заведения и необходимости воспитания личности в высшей школе. С другой стороны, мы можем наблюдать, как возникающий в результате применения интеграционного подхода синергетический эффект приводит к удивительным результатам, именно с этим, по нашему мнению, и следует связывать наиболее перспективные направления разработки воспитательных систем для высшей школы.

Воспитание человека, входящего во взрослую жизнь, находящегося на пороге своих взрослых свершений, человека, выстраивающего проект своей будущей жизни, требует ответственного отношения к построению системы воспитательной работы высшего учебного заведения, которая строилась бы на идеях целостности, гуманизма и духовности.

Именно поэтому очень важным является поиск таких средств и методов воспитания, таких идеальных образов человека, таких примеров целеустремленной жизни и успешного служения своему делу, на которые бы горячо отзывались сердце и ум молодого человека.

Очевидно, что научная разработка актуальной педагогической проблемы воспитания интеллигентности у студенческой молодежи невозможна без четкого определения сущности интеллигентности как личностного качества. В то же время очевидным даже в первом приближении является то, что «интеллигентность» относится к тем понятиям, которые широко употребляются, традиционно вызывают интерес в обществе, при этом являясь еще и инструментом оценки, но не имеют единого толкования и четко определенных и общепринятых подходов к пониманию. Понимая, что, как отмечает Ж. Маритен в работе «Человек и государство», «...нет задачи более неблагодарной, чем попытка рационально различить и разграничить – другими словами, поднять до научного или философского уровня – общие понятия, возникшие в человеческой истории из сиюминутных практических потребностей и наполненные смысловыми оттенками социального, культурного и исторического характера, столь же неопределенными, сколь и насыщенными, заключающие в себе тем не менее ядро ясного смысла» [21, с. 11], мы считаем целесообразным использовать познавательные возможности концептуального анализа, который, на наш взгляд, дает возможность прояснить содержание таких понятий, как «интеллигентность», учитывая как априорное условие анализа то, что такие понятия на протяжении своей истории приобретают статус концептов, а потому являются подвижными и изменчивыми и, как правило, используются

достаточно неопределенно и свободно [21, с. 11], но когда речь идет о научном исследовании, научном дискурсе, требования терминологичности становятся приоритетными, обуславливая необходимость четкого определения смысла основных понятий исследования, в нашем случае – понятия «интеллигентность».

Интеллигентность, как отмечает Л. Келеман, может быть рассмотрена на всеобще-социальном, конкретно-историческом и индивидуальном уровнях [16, с. 34]. Всеобще-социальный уровень анализа дает возможность воспринимать интеллигентность как «...проявление родовой сущности человека, имеющей всеобщие ценностные характеристики» [16, с. 34], что, собственно, и делает возможным проведение научных исследований в области интеллигентоведения и педагогики интеллигентности. Конкретно-исторический анализ дает основания для выводов о духовной специфике «...осмысления мира ценностей, способов деятельности и общения» [16, с. 34] представителей конкретного исторического периода. Задачи же педагогического исследования могут быть решены, если интеллигентность рассматривается на индивидуальном уровне – как «...конкретное качество человека, проявляющееся в общении и деятельности» [16, с. 34].

Следует отметить, что понятие «интеллигентность» традиционно осмысливается в тесной связи с понятием «интеллигенция», хотя понимание их содержания, как подчеркивает Л. Крысин, «...является сложным, противоречивым и изменчивым как во времени, так и от одной социальной среды к другой» [18, с. 92].

Традиционными для современной философии являются три подхода к пониманию сущности интеллигентности: во-первых, интеллигентность рассматривается как идеальная универсальная познавательная способность, свойственная разуму, «...соединение высшей культуры понимания и сознания человека»; во-вторых, как стремление реализовать определенную социальную идею (служение народу, общечеловеческому благоденствию и т.п.), которое объединяет и организует его носителей; в-третьих, духовно-этическое свойство конкретного социального слоя – интеллигенции [18, с. 65]. Но педагогическое осмысление проблемы воспитания интеллигентности связано с рассмотрением этого понятия, прежде всего, как личностного качества, поэтому в контексте нашего исследования мы акцентируем внимание именно на таком понимании интеллигентности.

Несогласованность, внутренний разрыв духовно-интеллектуальной, духовно-нравственной и духовно-эстетической сфер, нарушая гармонию человека, разрушают его способность к саморазвитию и самореализации, к полноценному самовыявлению как творческой личности. Именно поэтому интеллигентность, на наш взгляд, и

объединяет духовно-интеллектуальные, духовно-нравственные и духовно-эстетические качества человека. Сосуществуя, взаимодополняя друг друга, духовно-интеллектуальные, духовно-нравственные и духовно-эстетические качества формируют внутренний мир интеллигентной личности, создают интеллигентность как интегративное личностное качество.

Значимость нравственной составляющей в пределах интеллигентности определяется сущностной необходимостью создания и сохранения гуманистического, сугубо человеческого измерения всех без исключения отношений (в том числе эстетических и интеллектуальных), в которые человек вступает в процессе жизни. Эстетическая составляющая, соединяя рациональное и чувственно-образное постижение мира, обеспечивает гармоничность, неповторимость саморазвития, интеллектуальной и практической деятельности человека, его стремления воплотить в жизнь идеальные представления о красоте и гармонии. Эстетическое отношение основывается на взаимодействии человека с объективным миром, поэтому его содержание и качество зависят от уровня интеллектуального развития личности.

Учитывая целостность человека как субъекта познания, следует признать, что интеллектуальное постижение мира не может быть свободным от его эмоционального и эстетического освоения, от восхищения его гармонией, от его переживания, как писал А. Швейцер, «...знание о мире становится моим переживанием мира. Познание, ставшее переживанием, не превращает меня по отношению к миру в чисто познающий субъект, но возбуждает во мне ощущение внутренней связи с ним. Оно наполняет меня чувством благоговения перед таинственной волей к жизни, проявляющейся во всем. Оно заставляет меня мыслить и удивляться и ведет меня к высотам благоговения перед жизнью» [38].

Развитие сознания человека, по мнению П. Успенского, происходит как взаимосвязанное развитие интеллекта и высших эмоций – нравственных и эстетических [33, с. 150], то есть происходит постепенное насыщение интеллекта эмоциональностью и интеллектуализация эмоций, то есть развивается единство духовно-интеллектуальных, духовно-нравственных и духовно-эстетических качеств человека.

В структуре интеллигентности, как отмечает Л. Келеман, нравственное является условием эстетического отношения, а эстетическое делает возможным развитие нравственности, взаимодействуя, эстетическое и нравственное закладывают в интеллектуальное постижение мира гармонию и принципы чувственного восприятия этой гармонии в отношениях человека и мира [15, с. 249].

Исходя из рассмотрения человека как целостности, В. Даль отмечает единство

интеллектуального, этического и эстетического в человеке: «ум – общее название познавательной и заключительной способности человека, способность мыслить; это одна половина духа его, а другая нрав, нравственность, хотенье, любовь, страсти» [10, с. 494].

Неразрывность интеллектуального, нравственного и эстетического в человеке, интегративность интеллигентности подчеркивается В. Андреевым, В. Астаховой, А. Белых, С. Гончаренко, Н. Жуковой, Л. Келеман, Н. Моисеевым, И. Осинским, Н. Яценко и другими исследователями.

В частности, давая определение интеллигентности, Н. Яценко обращает внимание на соединение интеллектуальности, благородства, активной гражданственности личности [41], С. Гончаренко – интеллектуального и этического [7], Н. Моисеев – гражданственности, нравственного начала и гуманистического отношения к обществу [24], В. Андреев – высокогуманных и прогрессивных гражданских, нравственных, интеллектуальных качеств личности и ее высокой культуры [1], И. Осинский – культурно-нравственных качеств, «...которые концентрируют народную совесть и мораль», и специфических общественных функций – «...выражать, формулировать социальные и идейные цели народа, его духовные и нравственные ценности» [8], В. Астахова – на синтез подвижничества, высокой гражданственности, совести, толерантности с «...нравственностью, которая понимается не как комплекс нравственных качеств и не как следование общеизвестным законам и нормам, но как установка на познание ценностей другого человека, на понимание, сочувствие и содействие» [8].

Особенно ярко интегративность интеллигентности демонстрирует Н. Жукова, рассматривающая это качество в рамках контекстного подхода как составляющую личной культуры [13]. Личная культура, с ее точки зрения, представляет собой «...интеллектуальные, моральные и морально-этические (духовные) образцы поведения и деятельности, приобретаемые человеком в контексте разных культур, постоянно изменяющиеся и развивающиеся, которым человек следует в своем сознании и бытии» [13, с. 27], и может быть выявлена на пяти последовательных уровнях: первый уровень – уровень культурной и социальной идентичности; второй – уровень социокультурной компетентности; третий – уровень духовности личности; четвертый – уровень гражданской идентичности [13, с. 28–29]. Пятый уровень – уровень интеллигентности – предусматривает, по мнению Н. Жуковой, формирование у личности принципиально нового качества на основе сочетания гражданской идентичности, духовности, гражданской позиции и принятия личностью чувств справедливости и социального стыда как основы собственных

поступков [13, с. 29]. Итак, интеллигентность, с точки зрения Н. Жуковой, является наивысшим уровнем самовыявления духовной личности, интегрируя в себе ее культурную и социальную идентичность, социокультурную компетентность и духовность [13, с. 29].

По мнению Л. Келеман, интеллигентность, соединяя в себе интеллектуальность и ценностное отношение человека к себе и к миру, «...гармонизирует и примиряет разум с волей, эмоциями, фантазиями и другими иррациональными моментами» [15, с. 63].

Выводы. Духовно-интеллектуальные, духовно-нравственные и духовно-эстетические качества человека, взаимодействуя, формируют между собой не аддитивные отношения, а интегративные, то есть интеллигентность не является набором, суммой этих качеств, она представляет собой «...принципиально новое человеческое качество, рожденное сложным разноуровневым взаимодействием названных выше качеств» [38, с. 176], что и дает возможность для формирования у молодых людей культурной идентичности личности, культурных ценностей и смыслов через вхождение в мир русской интеллигенции, русской духовности, русской культуры, русского слова.

Л и т е р а т у р а

1. Андреев В. И. Проверь себя. Десять тестов оценки интеллигентности, конкурентоспособности и творческого потенциала личности. – М.: Народное образование, 1994. – 64 с.
2. Белов А. А. Системный взгляд на основные категории интеллигентоведения / Белов А. А. // Генезис, становление и деятельность интеллигенции: междисциплинарный подход. Тезисы докладов XI Международной научно-теоретической конференции. – Иваново, 20-22 сентября 2000 г. – Иваново, 2000. – С. 52–56.
3. Бердяев Н. А. О человеке, его свободе и духовности: Избранные труды. – М.: Флинта, 1999. – 268 с.
4. Бердяев Н. А. Философская истина и интеллигентская правда / Бердяев Н. А. // Вехи. Сборник статей о русской интеллигенции. – М., 1909. – Режим доступа: http://www.gumer.info/bogoslov_Buks/Philos/Berd/_Fillst.php
5. Вышеславцев Б. П. Что такое я сам? / Вышеславцев Б. П. // Русские философы (конец XIX – середина XX века): Антология. – Вып. 1. – М.: Книжная палата, 1993. – 346 с.
6. Гаррос В. Интеллигенция // Опыт словаря нового мышления / Под общ. ред. Ю. Афанасьева и М. Ферро. – М.: Прогресс, 1989. – С. 131–137.
7. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник / Семен Гончаренко. – К.: Либідь, 1997. – 376 с.
8. Гражданственность интеллигенции: пути формирования в кризисном обществе: публикация по материалам научно-практической конференции «Гражданственность интеллигенции: пути формирования в кризисном обществе», 10 февраля 2001 года, г. Харьков // Альма-матер. – 2001. – №3. – С. 22.
9. Гулыга А. В. Принципы эстетики / А. В. Гулыга. – М.: Политиздат, 1987. – 198 с.
10. Даль В. И. Умъ / Владимир Даль // Толковый словарь живого великорусского языка Владимира Даля. – Т. 4. – СПб.: Издание книгопродавца-типографа М. О. Вольфа, 1882. Репринтное издание, 1996. – С. 494–496.
11. Димитричева О. И. Интеллигентность как социально-духовное явление: дисс. ... канд. филос. наук: 09.00.13 / Димитричева, Ольга Ивановна. – Н. Новгород, 2004. – 143 с.
12. Дьяченко М. И., Кандыбович Л. А. Психологический словарь-справочник. – Минск: Харвест, 2004. – 576 с.
13. Жукова Н. В. Контексты личной культуры в процессе обучения // Высшее образование сегодня. – 2006. – №8. – С. 27–31.
14. Информационный подход в междисциплинарной перспективе // Вопросы философии. – 2010. – № 2. – С. 84–113.
15. Келеман Л. А. Интеллигентность: антропологический статус и манифестация в современном мире: дисс. ... доктора философских наук: 09.00.13 – Религиоведение, философская антропология, философия культуры / Келеман Людмила Анатольевна. – Ставрополь, 2006. – 387 с.
16. Келеман Л. А. Методологические и теоретические основания исследования интеллигентности / Л. А. Келеман // Вестник Российского университета дружбы народов. – Сер. «Социология». – 2005. – № 1. – С. 27–40.
17. Кожин В. В. О различии эстетических и художественных ценностей / В. В. Кожин // Контекст. 1986: Литературно-теоретические исследования / Отв. ред. Н. К. Гей. – М.: Наука, 1987. – С. 160–182.
18. Крысин Л. П. Современный русский интеллигент: попытка речевого портрета / Л. П. Крысин // Русский язык в научном освещении. – 2001. – № 1. – С. 90–106.
19. Лихачев Д. С. О русской интеллигенции: Письмо в редакцию / Д. С. Лихачев // Новый мир. – 1993. – № 2. – С. 3–9.
20. Малахов В. А. Этика: Курс лекций / Виктор Малахов. – К.: Либідь, 2004. – 384 с.
21. Маритен Ж. Человек и государство / Жак Маритен; [пер. с англ. Т. Лифинцевой]. – М.: Идея-Пресс, 2000. – 196 с.
22. Многомерный образ человека: Комплексное междисциплинарное исследование человека (Отв. ред. И. Т. Фролов). – М.: Наука, 2001. – 237 с.
23. Мовчан В. С. Этика. – К.: Знання, 2007. – 483 с.
24. Моисеев Н. Н. Об интеллигенции, ее судьбе и ответственности // Социально-гуманитарные знания. – 1999. – № 2. – С. 114–115.
25. Первое послание к Фессалоникийцам (Солунянам), 5:23 // Библия: Книги Священного писания Ветхого и Нового завета. – М.: Издание Московской Патриархии, 1992. – С. 1293–1297.
26. Переписка В. Набокова с Э. Уилсоном // Звезда. – 1996. – № 11. – С. 26–38.
27. Психология. Словарь / Под общ. ред. А. В. Петровского, М. Г. Ярошевского. – М.: Политиздат, 1990. – 494 с.
28. Раков В. П. Из истории интеллигентского дискурса (Когнитивный стиль Ап. Григорьева) /

В. П. Раков // Интеллигенция и мир. – 2001. – № 1. – С. 18–27.

29. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования / С. Л. Рубинштейн. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1958. – 148 с.

30. Соколов А. В. Диалоги с постсоветской гуманитарной интеллигенцией / А. В. Соколов. – СПб.: БАН, 2006. – 584 с.

31. Солженицын А. И. Архипелаг ГУЛАГ / Александр Солженицын. – М.: Альфа-книга, 2010. – 1279 с.

32. Солженицын А. И. Образованщина / Солженицын А. // Новый мир. – 1991. – № 5. – С. 28–46. – Режим доступа:

http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Culture/Article/_Solgen_Obrazovan.php

33. Толстой Л. Н. Что такое искусство? / Л. Н. Толстой // Собрание сочинений: в 22 т. – Т. 15. – М.: Художественная литература, 1983. – С. 41–222.

34. Труфанов А. А. Формирование интеллигентности студента средней профессиональной школы в процессе изучения дисциплин гуманитарного цикла: дисс. ... кандидата пед. наук: 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования» / Труфанов Андрей Андреевич. – Казань, 2003. – 261 с.

35. Успенский П. Д. Психология возможной эволюции человека / П. Д. Успенский. – М.: Весть, 2001. – 162 с.

36. Федотов Г. П. Письма о русской культуре // Мыслители русского зарубежья. – СПб.: Наука, 1992. – С. 394–416.

37. Фромм Э. Бегство от свободы / Э. Фромм. Пер с англ. / Общ. ред. и послесл. П. С. Гуревича. – М.: Прогресс, 1989. – 272 с.

38. Хоруженко К. М. Культурология. Энциклопедический словарь / Хоруженко К. М. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1997. – 640 с.

39. Швейцер А. Культура и этика / Альберт Швейцер / Перевод с немецкого Н. А. Захарченко и Г. В. Колшанского. Общая редакция и предисловие проф. В. А. Карпушина. – М.: Прогресс, 1973. – 695 с.

40. Шевченко Г. П. Система духовно-нравственного развития учащейся молодежи Украины / Г. П. Шевченко // Педагогика. – 2008. – № 9. – С. 114–120.

41. Яценко Н. Е. Толковый словарь обществоведческих терминов. – СПб.: Лань, 1999. – 356 с.

References

1. Andreev V. I. Prover' sebja. Desjat' testov ocenki intelligentnosti, konkurentosposobnosti i tvorcheskogo potenciala lichnosti. – М.: Narodnoe obrazovanie, 1994. – 64 s.

2. Belov A. A. Sistemnyj vigljad na osnovnye kategorii intelligentovedenija / Belov A. A. // Genesis, stanovlenie i dejatel'nost' intelligencii: mezhdisciplinarnyj pohod. Tezisy dokladov NI Mezhdunarodnoj nauchno-teoreticheskoj konferencii. – Ivanovo, 20-22 sentjabrja 2000 g. – Ivanovo, 2000. – S. 52–56.

3. Berdjaev N. A. O cheloveke, ego svobode i duhovnosti: Izbrannye trudy. – М.: Flinta, 1999. – 268 s.

4. Berdjaev N. A. Filosofskaja istina i intelligentenskaja pravda / Berdjaev N. A. // Vehi. Sbornik statej o russkoj intelligencii. – М., 1909. – Rezhim dostupa: http://www.gumer.info/bogoslov_Buks/Philos/Berd/_FilIst.ph

5. Vysheslavcev B. P. Chto takoe ja sam? / Vysheslavcev B. P. // Russkie filosofy (konec XIX – seredina HH veka): Antologija. – Vyp. 1. – М.: Knizhnaja palata, 1993. – 346 s.

6. Garros V. Intelligencija // Opyt slovarja novogo myshlenija / Pod obshh. red. Ju. Afanas'eva i M. Ferro. – М.: Progress, 1989. – S. 131–137.

7. Goncharenko S. U. Ukrain'skij pedagogichnij slovník / Semen Goncharenko. – К.: Libid', 1997. – 376 s.

8. Grazhdanstvennost' intelligencii: puti formirovanija v krizisnom obshhestve: publikacija po materialam nauchno-prakticheskoi konferencii «Grazhdanstvennost' intelligencii: puti formirovanija v krizisnom obshhestve», 10 fevralja 2001 goda, g. Har'kov // Al'ma-mater. – 2001. – №3. – S. 22.

9. Gulyga A. V. Principy jestetiki / A. V. Gulyga. – М.: Politizdat, 1987. – 198 s.

10. Dal' V. I. Um# / Vladimir Dal' // Tolkovij slovar' zhivogo velikoruskago jazyka Vladimira Dalja. – Т. 4. – СПб.: Izdanie knigoprodavca-tipografa M. O. Vol'fa, 1882. Reprintnoe izdanie, 1996. – S. 494–496.

11. Dimitricheva O. I. Intelligentnost' kak social'no-duhovnoe javlenie: diss. ... kand. filos. nauk: 09.00.13 / Dimitricheva, Ol'ga Ivanovna. – N. Novgorod, 2004. – 143 s.

12. D'jachenko M. I., Kandybovich L. A. Psihologicheskij slovar'-spravochnik. – Minsk: Harvest, 2004. – 576 s.

13. Zhukova N. V. Konteksty lichnoj kul'tury v processe obuchenija // Vyshee obrazovanie segodnja. – 2006. – №8. – S. 27–31.

14. Informacionnyj podhod v mezhdisciplinarno perspektive // Voprosy filosofii. – 2010. – № 2. – S. 84–113.

15. Keleman L. A. Intelligentnost': antropologicheskij status i manifestacija v sovremennom mire: diss. ... doktora filosofskih nauk: 09.00.13 – Religiovedenie, filosofskaja antropologija, filosofija kul'tury / Keleman Ljudmila Anatol'evna. – Stavropol', 2006. – 387 s.

16. Keleman L. A. Metodologicheskie i teoreticheskie osnovanija issledovanija intelligentnosti / L. A. Keleman // Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. – Ser. «Sociologija». – 2005. – № 1. – S. 27–40.

17. Kozhinov V. V. O razlichii jesteticheskikh i hudozhestvennyh cennostej / V. V. Kozhinov // Kontekst. 1986: Literaturno-teoreticheskie issledovanija / Otv. red. N. K. Gej. – М.: Nauka, 1987. – S. 160–182.

18. Krysin L. P. Sovremennij russkij intelligent: popytka rechevogo portreta / L. P. Krysin // Russkij jazyk v nauchnom osveshhenii. – 2001. – № 1. – S. 90–106.

19. Lihachev D. S. O russkoj intelligencii: Pis'mo v redakciju / D. S. Lihachev // Novyj mir. – 1993. – № 2. – S. 3–9.

20. Malahov V. A. Etika: Kurs lekcij / Viktor Malahov. – К.: Libid', 2004. – 384 s.

21. Mariten Zh. Chelovek i gosudarstvo / Zhak Mariten [per. s angl. T. Lifincevoj]. – М.: Ideja-Press, 2000. – 196 s.

22. Mnogomernyj obraz cheloveka: Kompleksnoe mezhdisciplinarnoe issledovanie cheloveka (Otv. red. I. T. Frolov). – М.: Nauka, 2001. – 237 s.

23. Movchan V. S. Etika. – К.: Znannja, 2007. – 483 s.

24. Moiseev N. N. Ob intelligencii, ee sud'be i otvetstvennosti // Social'no-gumanitarnye znaniya. – 1999. – № 2. – S. 114–115.

25. Pervoe poslanie k Fessalonikijcam (Solunjanam), 5:23 // Biblija: Knigi Svjashennogo pisaniya Vethogo i Novogo zaveta. – М.: Izdanie Moskovskoj Patriarii, 1992. – S. 1293–1297.

26. Perepiska V. Nabokova s Je. Uilsonom // Zvezda. – 1996. – № 11. – S. 26–38.

27. Psihologija. Slovar' / Pod obshh. red. A. V. Petrovskogo, M. G. Jaroshevskogo. – M.: Politizdat, 1990. – 494 s.

28. Rakov V. P. Iz istorii intelligentskogo diskursa (Kognitivnyj stil' Ap. Grigor'eva) / V. P. Rakov // Intelligencija i mir. – 2001. – № 1. – S. 18–27.

29. Rubinshtejn S. L. O myshlenii i putjah ego issledovanija / S. L. Rubinshtejn. – M.: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, 1958. – 148 s.

30. Sokolov A. V. Dialogi s postsovetskoj gumanitarnoj intelligenciej / A. V. Sokolov. – SPb.: BAN, 2006. – 584 s.

31. Solzhenicyn A. I. Arhipelag GULAG / Aleksandr Solzhenicyn. – M.: Al'fa-kniga, 2010. – 1279 s.

32. Solzhenicyn A. I. Obrazovanshhina / Solzhenicyn A. // Novyj mir. – 1991. – № 5. – S. 28–46. – Rezhim dostupa:

http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Culture/Article/_Solgen_Obrazovan.php

33. Tolstoj L. N. Chto takoe iskusstvo? / L. N. Tolstoj // Sобрание sochinenij: v 22 t. – T. 15. – M.: Hudozhestvennaja literatura, 1983. – S. 41–222.

34. Trufanov A. A. Formirovanie intelligentnosti studenta srednej professional'noj shkoly v processe izuchenija disciplin gumanitarnogo cikla: diss. ... kandidata ped. nauk: 13.00.01 «Obshhaja pedagogika, istorija pedagogiki i obrazovanija» / Trufanov Andrej Andreevich. – Kazan', 2003. – 261 s.

35. Uspenskij P. D. Psihologija vozmozhnoj jevoljucii cheloveka / P. D. Uspenskij. – M.: Ves', 2001. – 162 s.

36. Fedotov G. P. Pis'ma o russoj kul'ture // Mysliteli russkogo zarubezh'ja. – SPb.: Nauka, 1992. – S. 394–416.

37. Fromm Je. Begstvo ot svobody / Je. Fromm. Per s angl. / Obshh. red. i poslesl. P. S. Gurevicha. – M.: Progress, 1989. – 272 s.

38. Horuzhenko K. M. Kul'turologija. Jenciklopedicheskij slovar' / Horuzhenko K. M. – Rostov-na-Donu: Feniks, 1997. – 640 s.

39. Shvejcer A. Kul'tura i jetika / Al'bert Shvejcer / Perevod s nemeckogo N. A. Zaharchenko i G. V. Kolshanskogo. Obshhaja redakcija i predislovie prof. V. A. Karpushina. – M.: Progress, 1973. – 695 s.

40. Shevchenko G. P. Sistema duhovno-nravstvennogo razvitija uchashhejsja molodezhi Ukrainy / G. P. Shevchenko // Pedagogika. – 2008. – № 9. – S. 114–120.

41. Jacenko N. E. Tolkovyj slovar' obshhestvovedcheskih terminov. – SPb.: Lan', 1999. – 356 s.

Dzundza A. I., Funtikova N. V.

EDUCATION OF INTELLIGENTSHIP IN STUDENT YOUTH AS A MEANS FOR FORMING THE CULTURAL IDENTITY OF THE PERSON

The article deals with the education of the intelligence in student youth as one of the means of forming the cultural identity of the individual. The authors of the article believe that one of the main tasks of the system of higher professional education is the translation of cultural values and meanings, that is why they analyze possible ways of building an educational space oriented to humanistic values and ideals.

Keywords: upbringing, intelligence, cultural identity, higher education, student youth.

Дундза Алла Ивановна – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики Донецкого национального университета.

E-mail: dzai@i.ua

Фунтикова Надежда Валентиновна – кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой педагогики Луганского национального университета имени Владимира Даля.

E-mail: nana.funtikova@yandex.ru

Dzundza Alla Ivanona – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Probability Theory and Mathematical Statistics, Donetsk National University.

E-mail: dzai@i.ua

Funtikova Nadezhda Valentinovna – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, the Head of the Department of Pedagogic, Vladimir Dahl Lugansk National University.

E-mail: nana.funtikova@yandex.ru

Рецензент: Белых А. С., доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры педагогики Луганского национального университета имени Владимира Даля.

Статья подана 30.06.2017

УДК 398.2"/.../19'

ФУНКЦІЇ ФОНОСТИЛІСТИЧНИХ ЗАСОБІВ У ДОЖОВТНЕВИХ БАЙКАХ

Брайловська Ю. П.

FUNCTIONS OF THE PHONOSTILISTICS DEVICES IN PRE-REVOLUTIONARY FABLES

Brajlovska Ju. P.

У статті досліджено проблему зі стилістики української мови, що потребує вирішення як один із найпотужніших емоційних і експресивних засобів, проаналізовано особливості та закономірності фоностилістичних засобів в українських байках.

Ключові слова: фоностилістика, звукопис, асонанс, алітерація, анафора, епіфора, милозвучність.

Актуальність статті. У зв'язку з розвитком антропоцентричних підходів до опису мовних явищ активізувалися дослідження фонетичної будови мови. Тому вивчення звукової організації тексту в залежності від стилю мови, кількісна і якісна характеристика звуків у різних стилістичних умовах, виразально-зображувальна роль звуків і звукосполук, питання евфонії мови, звукова характеристика віршованої мови є на сьогодні актуальними проблемами лінгвістики.

На сьогоднішній день актуальними проблемами сучасної лінгвістики є вивчення звукової організації тексту та питання евфонії мови, за допомогою яких письменник надає мові живописності, експресії, музичних інтонацій, створює звукову гармонію. Для підсилення звукової чи інтонаційної виразності мови, для надання їй мелодійності автори часто вдаються до звукових повторів: асонансів, алітерацій, анафор, епіфор та ін.

Викладення основного матеріалу. Сучасна наука про фонологічну роль звуків мови виходить із того, що часто звучання і значення в мові тісно переплетені (В. Іванов, І. Кучуровський, Ю. Лотман, Я. Сабол, Л. Тарасов, Л. Тимофєєв та ін.). Свого часу Б. Пастернак зауважив, що «музика слова не в його звучності, а в співвідношенні між звучанням та значенням» [8, с. 139].

Наша мета – простежити особливості та закономірності фоностилістичних засобів в українських дожовтневих байках П. Гулака-Артемівського «Пан та собака», «Солопій та Хівря, або горох при дорозі», у яких чітко простежується таке явище, як алітерація, тобто стилістичний прийом, який полягає у повторенні однорідних

приголосних звуків з метою підвищення інтонаційної виразності вірша для емоційного поглиблення його смислового зв'язку [7].

Результати досліджень. Різноманітні звукові повтори виступають у художньому тексті як важливий конструктивний засіб і як спосіб увиразнення змісту твору. Милозвучність же досягається певним розташуванням звуків:

*Як тільки ж зуздріла роззяву на порозі,
Зняла торбинки дві з рядничочки з кілка.*
(Г, с. 77)

Таке розташування створює своєрідний візерунок, закономірним повторенням однакових звуків на початку, в середині:

*Тепер-то, – дума наш дуренький солопій, –
Тепер-то – мій Горох вже, мабуть, розцвітає!*
(Г, с. 77)

Ти винен, бра Рябко, що ніччю розбрехався;

Ти ж знав, що вчора наш у карти Пан програвся;

Ти ж знав...
(Г, с. 69)

*Той чорта (не тепер на споминки!) здрімає,
Той батька рідного, розсердившись, програє...*
(Г, с. 69)

*Щоб в пельці він тобі кілком був зупинився!
Щоб горнички в твоїх кишках бісовських...*
(Г, с. 75)

*За що глузуєте? – сказав наш неборак. –
За що знущаетесь ви надо мною так?*

За що?.. за що?..
(Г, с. 69)

Та навіть вигуками й звуконаслідувальними словами:

*Ей, Хівре! Переліг лежить наш при дорозі:
Ей, обскубнуть Горох наш зеленцем-побач!*
(Г, с. 73)

*Цу-цу!-сказав іще Рябкові тут Явнух.-
Цу-цу!-задихавшись, мов з його перло дух–,...*
(Г, с. 71)

Чи в кінці рядка інколи і строфи:

Як груші на вербі і дулі вам ростуть,

Як їсти дасть біга, та ще й гладкими буть.

(Г, с. 78)

У байках вживаються найрізноманітніші засоби евфонії мови: від найпростіших звуковідтворювальних повторів до найскладніших. Стилїсти виділяють кілька видів звукоповторів. Саме вони є в центрі уваги фоностилїстики. Фонетичні повтори можуть виступати в тексті на межі фонетичного та лексичного, фонетичного та морфологічного рівнів [4].

Алітерація приголосного звука [д] в аналізованих творах переводить текст у стрімкий ритм, створюючи при цьому слуховий образ напруженості:

Цур, дурню! Навісний! Чи ти ж того не чуши,

Що як уродить бог, то дасть на долю всіх?

(Г, с. 77)

Алітерація приголосного звука [з] створює слуховий образ:

На землю злізла ніч... Ніде ані шиширхне;

Хіба-то декуди крізь сон що-небудь пирхне.

(Г, с. 66)

Звукоповтор приголосного звуку [т] підсилює збентеженість та докір:

Тепер за ту сяку нікчемну горошинку

Ти обголив мене і дрібню дитинку!

Так от якого нам ти підпустив тхора!

(Г, с. 77)

Не менш виразно простежується в байках явище асонансу голосних звуків [и] та [у]:

І ситі щоб були? Ой, мудрий дуже з сина!..

Ну, цур тобі та пек! Роби ти, що хоти...

(Г, с. 76)

А також звукоповтор голосного звука [а]:

Нехай би гавкав сам, а ти б уклавсь тихенько,

Забравшись в ожеред, та й спав би там гарненько...

(Г, с. 68)

У байках Петра Гулака-Артемівського простежується явище анафори, яка утворюється повтором слів або словосполучень на початку суміжних мовних одиниць. Звуковий і лексичний повтор виконує важливу композиційну функцію в сюжеті.

Найчастотнішими виявилися повтори приголосних [з], [д], [т] і голосних [и], [у] та [а], які утворюють багатий слуховий образ, увиразнюючи ними змальовану автором картину.

Фоностилїстичні образи у дожовтневих байках утворюються також за допомогою анафори та епіфори. Анафора утворюється повторами різних частин мови. Так, найчастіше у байках – на початку рядка. Епіфора ж утворюється слуховими сполученнями дієслів.

Висновки. Можна зробити висновок, що кожний звук бере участь у творенні чуттєвого образу, який допомагає читачеві змалювати у своїй уяві ті образи, які автор хотів передати підсиленням

виразності мовлення, а також за допомогою стилїстичних прийомів, що підвищують інтонаційну виразність вірша для емоційного поглиблення смислового зв'язку.

Література

1. Большая советская энциклопедия. Доступно з: <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00027/47700.htmtext>
2. Квятковский А.П. Звукопись // Квятковский А.П. Поэтический словарь. – М.: Сов. энцикл., 1966. – С. 113-114.
3. Литературная энциклопедия. – Доступно з: <http://slovari.yandex.ru/dict/litenc/article/1e4/1e4-3264.htm>
4. Надія Ступак. Фонетичний компонент в образній системі поетичного твору. – Доступно з: http://www.philology.kiev.ua/Lingur/art_9.htm
5. Українська дожовтнева байка / За редакцією Г.П. Коваль.-К.: «Радянський письменник», 1966 р. – 344 с.
6. Поэтика перевода. Сборник статей. – М, 1988.
7. Словник літературних термінів. Доступно з: <http://www.ukrcenter.com/Література/58126/Словник-літературознавчих-термінів>.
8. Сучасні проблеми мовознавства та літературознавства / за редакцією М.І. Сюсько. – Ужгород: «Поличка «Карпатського краю», 2000 р. – 338 с.

Умовні скорочення

Г – П. Гулак-Артемівський – Українська дожовтнева байка / За редакцією Г.П. Коваль. – К.: «Радянський письменник», 1966 р. – 344 с.

References

1. Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija. Dostupno z: <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00027/47700.htmtext>
2. Kvjatkovskij A.P. Zvukopis' // Kvjatkovskij A.P. Poeticheskij slovar'. – М.: Sov. jencikl., 1966. – S. 113-114.
3. Literaturnaja jenciklopedija. – Dostupno z: <http://slovari.yandex.ru/dict/litenc/article/1e4/1e4-3264.htm>
4. Nadija Stupak. Fonetichnij komponent v obraznij sistemi poetichnogo tvoruu. – Dostupno z: http://www.philology.kiev.ua/Lingur/art_9.htm
5. Ukrain's'ka dozhovtneva bajka / Za redakcieju G.P. Koval'.-K.: «Radjans'kij pis'mennik», 1966 r. – 344 s.
6. Pojetika perevoda. Sbornik statej. – M, 1988.
7. Slovník literaturnih terminiv. Dostupno z: <http://www.ukrcenter.com/Literatura/58126/Slovník-literaturoznavchih-terminiv>.
8. Suchasni problemi movoznavstva ta literaturoznavstva / za redakcieju M.I. Sjus'ko. – Uzhgorod: «Polichka «Karpats'kogo kraju», 2000 r. – 338 s.

Umovni skorochennja

G – P. Gulak-Artemov's'kij – Ukrajin's'ka dozhovtneva bajka / Za redakcieju G.P. Koval'. – K.: «Radjans'kij pis'mennik», 1966 r. – 344 s.

Ju. P. BRAJLOVSKA

«FUNCTIONS OF THE PHONOSTILISTICS DEVICES IN PRE-REVOLUTIONARY FABLES»

The article examines the problems of stylistics of the Ukrainian language that requires the solution of as one of the most emotional and expressive means, to follow the same pattern phonostylistics of funds in the Ukrainian fables.

Key words: *phonostylistics, sound recording, assonance, alliteration, anaphora, epiphora, loudness.*

Юлія Брайловська – асистент кафедри слов'янської філології Луганського національного університету імені Володимира Даля.

Julija Brajlovska – the assistant of the Slavic Philology Department of Lugansk National University named after Vladimir Dahl.

E-mail: brajlovska@mail.ru

Рецензент: Будівська Л.П., кандидат філологічних наук, доцент кафедри журналістики державного освітнього закладу вищої професійної освіти «Луганський національний університет імені Володимира Даля».

Статтю подано 22.06.2017

УДК 811.161. 1'42- 055

ДИАЛОГИЧЕСКИЕ КОММУНИКАТИВНЫЕ СИТУАЦИИ СЕМЕЙНОГО ДИСКУРСА (ГЕНДЕРНЫЙ АСПЕКТ)

Понкратенкова А.В.

DIALOGUE COMMUNICATIVE SITUATIONS OF FAMILY DISCOURSE (GENDER ASPECT)

Ponkratenkova A.V.

В статье рассматриваются коммуникативные ситуации, характерные для семейного дискурса, анализируются различные тактики, особенности речевого поведения мужчины и женщины в процессе коммуникации.

Ключевые слова: коммуникативная ситуация, семейный дискурс, гендер, речевое поведение.

Современные исследования процессов коммуникации анализируют ряд различных факторов, влияющих на ход общения, а именно: создание конфликтных ситуаций, процесс поиска консенсуса, построение стратегий и тактик общения, восприятие адресата адресантом в адресантно-адресатной конфигурации и т.д. Одним из важных факторов модификации динамики и тональности общения в процессе формирования дискурсивного пространства остается гендерный аспект.

Актуальность статьи. Речевое поведение членов малых групп не достаточно исследовано отечественными социо- и психолингвистами, хотя именно этот аспект дает возможность описать характерные черты коммуникативного поведения человека, определить его речевые предпочтения и привычки, выявить основные факторы, влияющие на его формирование и развитие как языковой личности.

Понятие гендера в языкознании рассматривали такие ученые: Е.И. Горошко, А.А. Григорян, А.В. Кирилина, Л.Н. Синельникова и др.

Предлагаемое исследование посвящено изучению гендерных особенностей речи в различных коммуникативных ситуациях в пределах семейного дискурса.

Объектом исследования является коммуникативная среда одной семьи (муж – 27 лет, образование высшее, техническое; жена – 26 лет, образование высшее, гуманитарное; ребенок – 1 год).

Внашей работе в качестве объекта выступает дискурс в ситуациях, свободных от ограничений,

накладываемых на коммуникантов в других видах дискурса. Так, в семейном дискурсе влияние не одностороннее, как при воздействии говорящего на аудиторию в политическом дискурсе, в этом случае воздействие происходит с обеих сторон, участвующие в коммуникации люди постоянно меняются ролями говорящий ↔ слушающий. Отношения между адресатом и адресантом в семейном дискурсе лишены всякой формальности, в отличие от ситуации других видов дискурса.

Коммуникативная ситуация – это исходный моментлюбого речевого действия. Н.И. Формановская определяет коммуникативную ситуацию как сложный комплекс внешних условий общения и внутренних состояний коммуникантов, которые представлены в речевом поведении – высказывании, дискурсе [4, с. 42].

Составляющие коммуникативной ситуации – это ситуативные вариации, влияющие на эффективность коммуникации. Изменение значений любого из компонентов приводит к изменению коммуникативной ситуации, что, в свою очередь, приводит к переменеязыковых средств и поведения участников ситуации в целом.

Выделяем такие основные компоненты ситуации:

- 1) коммуниканты:
 - 1.1) пол;
 - 1.2) возраст;
 - 1.3) социальное положение;
 - 1.4) отношение к собеседнику;
- 2) коммуникативное намерение;
- 3) место;
- 4) время;
- 5) пространство;
- 6) канал связи.

Компоненты коммуникативной ситуации находятся в постоянном взаимодействии и влияют на качество коммуникативного акта.

С точки зрения взаимодействия коммуникантов, в коммуникативной ситуации выделяют три фазы:

- 1) установление контакта;
- 2) его поддержание;
- 3) прекращение.

Ориентация адресанта на адресата проявляется в выборе языковых средств под влиянием адресата и под влиянием соответствующей реплики, происходит последующий коммуникативный шаг или не происходит.

Качество понимания высказывания зависит от комплекса факторов – разных ситуаций, при которых осуществляется коммуникация.

По С.М. Эрвин-Трипп, «ситуации различаются в зависимости от наличия тех или иных ограничений и от степени допустимого варьирования... изменив любой из этих признаков, можно вызвать вопиющее нарушение социальных норм или изменить ситуацию настолько, что на ее основе возникнет другая ситуация» [5, с. 336]. Ситуация ограничивает выбор языковых средств и социально-ролевые проявления коммуникативной активности участников. Наиболее существенные параметры ситуации описаны представителем французской школы разговорного анализа Д. Андре-Ларошбуви, которая выделяет физические (пространственные, временные, социально-ролевые характеристики общения), кинестетические (жесты и мимика) и контекстуальные элементы, а также элементы, которые описываются только субъективно и не имеют отношения к физической стороне ситуации. Все они образуют так называемый универсум дискурса, который часто подвергается разложению на отдельные компоненты, в котором изменение одного элемента ведет к полному или частичному изменению ситуации. Саму ситуацию Д. Андре-Ларошбуви определяет как общее знание коммуникантов, что способствует быстрому и легкому достижению взаимопонимания, снимает двусмысленность высказывания.

Ситуации семейного дискурса в полной степени раскрывают феномен повседневной речи, так как домашняя среда дает возможность контакта с "человеком без маски", человеком открытым, приближенным к самому себе. Семейное общение является самым экономичным и наиболее надежным способом межличностного контакта. В рамках такого общения наиболее эффективно осуществляется процесс трансляции (общение, направлено на социализацию новых поколений либо на их уподобление старшим)[3, с. 42].

В рамках семейного дискурса мы можем рассматривать диалогические коммуникативные ситуации устного характера. К диалогическим коммуникативным ситуациям относим семейную беседу и ссору.

К задачам семейного диалога можно отнести, во-первых, регуляцию повседневной жизни семьи, а во-вторых, поддержание отношений с близкими людьми [2, с. 109].

В семейном диалоге преобладает направленность на партнера: стремление побудить его к действию, обсуждению, поддержать с ним отношения, изменить его представления или выступить против него [2, с. 110].

Предметом семейной беседы чаще всего выступают бытовые проблемы, поэтому в этом случае можем говорить о бытовом разговоре, который больше соотносится с монологическим текстом и формой единственного числа, с точки зрения цели связан с обменом информацией, выяснением истины, принятием решения.

Учитывая цель участников коммуникативного акта, выделяем два критерия:

1) информационный (содержание общения, его тема, предмет; собеседников мало интересует контактная сторона их общения, информация для них сейчас гораздо важнее);

2) эмоциональный (диапазон эмоциональной (тональной) окраски разговоров достаточно широк: доброжелательный разговор, интимное общение, разговор-брань, бессодержательный, поверхностный разговор).

Преимущественно диалог –логическая форма повествования, в нем при отклонениях от темы информант последовательно возвращается к предмету речи, пока не расскажет до конца, например:

Ж: *Надо вытащить, чтобы она (кошка) походила.*

М: *Она не может, видишь?*

Ж: *Ну держи ее, держи!*

М: *Вот...*

Ж: *Нет, не так!*

М: *Да, ей так легче. Что с ней?*

Ж: *Не знаю, наверное, позвоночник.*

Женщина отвлекается на плачущего ребенка, после чего продолжается диалог:

М: *Может, позвонки выбиты?*

Ж: *Ну что ты, что делаешь? Видишь, ее заносит?! Аккуратно!*

М: *А может, вестибулярный аппарат нарушен?*

Как видим из примера, после отвлечения коммуникантов от основной темы, реципиенты возвращаются к предмету разговора.

Однако фиксируем диалог, когда раздражитель извне влияет на смену темы. Например:

Ж: *Нарежь яблок на компот Макаре́не.*

М: *Много надо?*

Забегает собака, гавкая, прерывает разговор:

Ж: *Ой, а ты Тэе давал сегодня витамину?*

М: *Да, ещё утром.*

Таким образом, диалог может иметь как логически завершенную форму, так и логически незавершенную.

Как мы отмечали ранее, семейный диалог существует в двух жанрах – семейной беседе и ссоре.

Семейная беседа – это повседневная коммуникация, составляющая текст разговорного характера, с помощью которого коммуниканты решают бытовые вопросы. К примеру:

I. Определение какого-либо места встречи, времени, условий:

М: Давай так: ты поедешь в универ, узнаешь что там, как, а освободишься – позвонишь мне, и я сразу туда приеду (на рынок).

Ж: Я не знаю, сколько там буду. А если быстро? Ты не успеешь.

М: Я не как ты собираюсь. Успею. Мне ехать ближе.

II. Обсуждение домашнего меню:

Ж: Что завтра сварить?

М: Борщ.

Ж: Для борща нет капусты.

М: Я куплю.

Ж: Тогда купи сегодня. И еще томатную пасту.

III. Обсуждение совместного времяпрепровождения:

Ж: Юля предлагает завтра сходить на ёлку.

М: На Театралку? Давай сходим.

Ж: Макарёне будет интересно, он же любит всякие огоньки. С коляской поедем или санки возьмем?

М: С коляской, ему будет удобнее. Скажу Юле, что ближе к часу.

IV. Обсуждение внешнего вида:

М: Что мне завтра надеть?

Ж: Белый свитер.

М: Какой? С пуговицами?

Ж: Нет, тоненький. В том зажарись.

М: Я его в прошлый раз одевал.

Ж: Тогда синий, он не очень теплый.

Ж: Как ты думаешь, в какой юбке лучше – синей или красной?

М: И в той, и в той хорошо.

Ж: Я спрашиваю, какая лучше!

М: Иди в синей, она ж новая.

Ж: Я хотела пойти в красных туфлях... буду как светофор!

Исходя из примеров, можно сделать вывод, что мужчина выполняет доминантную роль в семье.

Также диалоги, темой которых было обсуждение внешнего вида, свидетельствуют о гендерной направленности реципиентов. Бесспорным является то, что внешний вид для женщин играет большую роль, нежели для мужчин.

Конфликтная ситуация **бытовой ссоры**. Ее участниками могут быть только хорошо знакомые между собой люди: родственники, друзья и т. п. В языковом взаимодействии индивидов в рамках ссоры можно выделить семь тактик: возмущение, насмешка, упрек, обвинение, демонстрация обиды, оскорбление, угроза [1, с. 166].

Тактика возмущения, как правило, используется в начале сюжетного развития ссоры;

обычно она является эмоциональной (отрицательной) реакцией на поступок собеседника.

Мужчина начинает курить на кухне, не выходя на балкон, женщине не нравится:

Ж: Ты что, совсем одурел?!

М: А ты не можешь уже нормально разговаривать?!

М: Том, я к папе с Макаром схожу.

Ж: Что, вдвоем?

М: Ты мне что, не доверяешь?

В начале конфликта женщина употребляет разговорное (просторечное) [3, с. 445] слово *одурел*, что указывает не только на личностные качества, но и общую эмоциональность женщины.

Тактика насмешки чаще всего строится на использовании иронии (сарказма), она может возникать при любом повороте протекания ссоры. Однако обычно она присутствует в начале, в период возникновения конфликтной ситуации:

I. Женщина просит мужа помочь ей по хозяйству, а он предлагает перенести уборку на завтра:

Ж: Ты ж устал. Бедный. Весь день на войне (мужчина играет в военную компьютерную игру).

II. Супруги опаздывают на встречу с друзьями, мужчина нервничает:

М: Да. Ты сегодня вообще метеор. Всего-то за два часа собралась.

Как видим, и мужчина, и женщина выбирают тактику насмешки в ситуации, когда не идут на открытый конфликт.

Тактика упрека в сценарии ссоры способна проявиться во время различных стадий сюжетного действия.

I. Женщина заметила, что у мужчины на телефоне нет чехла, из-за чего на нем появились царапины:

Ж: Саш, ты как всегда. Сколько ты пар перчаток уже потерял? Про зонтики я вообще молчу.

Ж: Саш, ну можно было на футбол обуть старые кеды? На что теперь эти похожи?!

II. Мужчина будит жену, потому что ей пора на занятия, но она никак не встает и муж сердится:

М: Опять полночи сидела?! Я тебя больше будить не буду.

М: Я же говорил, что нужно укрыть виноград, что, так тяжело? Он теперь весь померз. Вот посмотришь, ничего не будет!

Учитывая ситуации, можем утверждать, что женщины более внимательны к материальным мелочам, а мужчина упрекает женщину из-за личностных качеств.

Тактика обвинения является разновидностью упрека: различие здесь – в силе негативной

интенции, заложенной в выражение. Ей сопутствует тактика оправдания.

I. Жена говорит мужу, что из-за того, что он не ухаживает за кустами клубники, в этом году ягод очень мало:

Ж: Саш, у нас три ягоды на пяти кустах, а была такая клубника!

М: Да, у нас же я всегда во всем виноват!

II. Супруги опаздывают на киносеанс, мужчина обвиняет жену, она не согласна:

Ж: Конечно, Саша! Мы же опаздываем всегда только из-за меня! А то, что ты два часа рубашку искал, – это ничего!

Здесь видим ситуацию, схожую с тактикой упрека, когда женщина недовольна бытовыми проблемами, а мужчина обвиняет жену из-за ее привычки долго собираться, но в этой ситуации супруги уходят в тактику «наступления» и обвиняют друг друга.

Тактика демонстрации обиды – ответ на упрек, обвинение. Своеобразие такого поворота в том, что недовольство высказывается не по поводу какого-то действия, а по поводу речевого поведения, которое считается оскорбительным.

Мужчина выражает недовольство тем, что женщина перед праздником потратила много денег на украшения, говорит, что они должны сэкономить на ненужных вещах.

М: Том, у нас игрушки уже складывать некуда, зачем ты купила аж три набора?

Ж: Всё, я больше не хочу разговаривать на эту тему! Сколько можно одно и то же! Достал уже!

Куртуазная стратегия поведения, которая характерна для женщин, – крайней мерой может быть выражение обиды с помощью слез [1, с. 151].

Тактика обиды собеседника обычно наблюдается в кульминационных стадиях развития ссоры. Здесь широко используется разнообразная инвективная лексика: от зоосравнений до слов-табу.

Семья ссорится из-за того, кому убирать в доме, мужчина вообще отказывается убирать, но в конце соглашается немножко помочь:

М: Что, обязательно сегодня? Ну ладно, я могу в нашей комнате пропылесосить.

Ж: Я уже сама! Отстань! Козёл!

Видим инвективную стратегию, в данной ситуации выбранную женщиной для высказывания своей обиды, которая выражается с помощью инвектива (ругательства) [1, с. 151].

Тактика угрозы, как и тактика обиды, обычно используется в наивысших по накалу страстей стадиях ссоры.

Семья собирается на день рождения к племяннику, мужчина несколько раз просит жену собираться быстрее, иначе они опоздают:

М: Собирайся! Сколько я тебя ещё буду ждать?

Ж: Всё, не лезь ко мне, или я вообще никуда не пойду.

М: Я сам сейчас пойду, и всё!

Здесь тактику угрозы выбирают оба, причину объясняем тем, что и муж, и жена принадлежат к конфликтному типу коммуникативной компетенции, когда говорящий несколько агрессивно настроен относительно собеседника.

Итак, мы определили, что основой коммуникации семьи является диалог, который может иметь логичную или нелогичную структуру из-за вмешательства посторонних факторов. В семейном диалоге выделяем два вида – семейную беседу и ссору. В разрезе различных коммуникативных ситуаций мы можем охарактеризовать речевые личности и их взаимодействие в семейном общении, определить гендерные особенности речевого поведения супругов.

Литература

1. Горелов И.Н., Седов К. Ф. Основы психолингвистики: Учебное пособие. – М.: Лабиринт, 2005. – 320 с.
2. Гребенщикова Т.А., Зачесова И.А. Интенциональный аспект взаимодействия в семейном диалоге / Т. А. Гребенщикова, И.А. Зачесова // Вопросы психолингвистики. Научный журнал теоретических и прикладных исследований. – М.: Институт языкознания РАН, 2012, № 2 (16). – С. 106-113.
3. Ожегов С.И. Словарь русского языка: 70000 слов / Под ред. Н.Ю. Шведовой. – 23-е изд., испр. – М.: Рус. яз., 1990. – 917 с.
4. Петров М.К. Язык, знак, культура. – М., 1991.
5. Формановская Н.И. Речевое общение: коммуникативно-прагматический подход. – М.: Русский язык, 2002. – 465 с.
6. Эрвин-Трипп С.М. Язык. Тема. Слушатель. Анализ взаимодействия / С.М. Эрвин-Трипп // Новое в лингвистике: [Сб. ст.]. – М.: Прогресс, 1975. – Вып. 10: Социолингвистика. – С. 336-362.

References

1. Gorelov I.N., Sedov K. F. Osnovy psiholingvistiki: Uchebnoe posobie. – M.: Labirint, 2005. – 320 s.
2. Grebenshchikova T.A., Zachesova I.A. Intentsionalnyiy aspekt vzaimodeystviya v semeynom dialoge / T. A. Grebenshchikova, I.A. Zachesova // Voprosi psiholingvistiki. Nauchnyiy zhurnal teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniy. – M.: Institut yazyikoznaniya RAN, 2012, № 2 (16). – S. 106-113.
3. Ozhegov S.I. Slovar russkogo yazyika: 70000 slov / Pod red. N.Yu. Shvedovoy. – 23-e izd., ispr. – M.: Rus. yaz., 1990. – 917 s.
4. Petrov M.K. Yazyik, znak, kultura. – M., 1991.
5. Formanovskaya N.I. Rechevoe obschenie: kommunikativno-pragmaticheskii pohod. – M.: Russkiy yazyik, 2002. – 465 s.
6. Ervin-Tripp S.M. Yazyik. Tema. Slushatel. Analiz vzaimodeystviya / S.M. Ervin-Tripp // Novoe v lingvistike: [Cb. st.]. – M.: Progress, 1975. – Vyip. 10: Sotsiolingvistika. – S. 336-362.

Ponkratenkova A.V.
**DIALOGUE COMMUNICATIVE SITUATIONS OF
FAMILY DISCOURSE (GENDER ASPECT)**

Communicative situations. Typical for family discourse have been considered. Various tactics of man and woman verbal behavior features in the process of communication have been analyzed.

Keywords: *communicative situation, family discourse, gender, speech behavior.*

Понкратенкова Анастасия Владимировна – ассистент кафедры славянской филологии Луганского национального университета имени Владимира Даля.

E-mail: a_ponkratenkova@mail.ru

Anastasia Ponkratenkova – assistant of the Slavic Philology Department of Lugansk National University named after Vladimir Dahl.

E-mail: a_ponkratenkova@mail.ru

Рецензент: Будивская Л.П., кандидат филологических наук, доцент кафедры журналистики государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 22.06.2017

УДК 94 (477)

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО В ОБЩЕСТВЕННО-
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЖИЗНИ УССР КОН. 50-НАЧ. 60-х гг. XX в.
(по материалам Госархива ЛНР)**

Панченкова Н.А.

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL CREATIVITY IN SOCIAL-ECONOMIC
LIFE OF USSR IN THE END 50 – THE BEGINNING 60 – IES OF XX CENTURY
(on materials of the Record office of LPR)**

Panchenkova N.A.

В статье на основе анализа архивных источников Государственного архива ЛНР исследовано проблему деятельности научно-технического творчества в УССР в 50–60 –е гг XX в. Определена структура организаций, дана краткая характеристика становления научно-технических обществ в УССР, проанализировано материальное стимулирование новаторов производства.

Ключевые слова: научно-технический прогресс, НТО, экономический эффект, научно-технические общества, профсоюз, новаторы.

Экономический потенциал любого государства прямо связан с преобразованием его производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор технического и технологического прогресса. В то же время общеизвестно, что научно-технический прогресс является главным фактором повышения эффективности производства и его конкурентоспособности, перехода всех хозяйственных процессов на преимущественно интенсивный путь развития.

Период «оттепели» совпал по времени с научно-технической революцией, главными направлениями которой стали комплексная автоматизация производства, совершенствование контроля и управления производством, открытие и использование новых видов энергии, создание и применение новых конструкционных материалов и т. д.

Повышенный интерес к вопросам развития науки и техники проявляется после XX съезда КПСС, где одним из ключевых направлений провозглашается тесное содействие науке и внедрение технических достижений в производство. Научно-технический прогресс должен был стать и одним из главных способов повышения производительности труда. На ноябрьском пленуме ЦК КПСС в 1962 г. Н. Хрущёв отмечал: "Технический прогресс - это ключевая позиция, с

помощью которой мы сможем успешно решать задание создания материально-технической базы коммунизма и достичь высокой производительности труда" [1, л. 4].

Научно-техническая революция, в свою очередь, потребовала преобразование и активацию деятельности научно-технических обществ. Следует признать, что в советском обществе в сфере научно-технического прогресса (НТП) эффективно действовали общественные организации как общего характера (компартия, профсоюзы, комсомол), так и непосредственно связанные с НТП (научно-технические общества, общественные конструкторские, технологические формирования), с кадровой политикой, профессиональным средним и высшим образованием.

Проблемы научно-технической революции и научно-технического творчества не раз становились предметом пристального изучения исследователей. Ярким примером являются работы А.А. Зворыкина [2], А.П. Кудряшова [3], Ю.С. Мелешенко [4], С.В. Шухардина [5], А.Д. Педосова [6], А.П. Артеменко [7] и др. В особую группу историографических источников по исследуемой проблеме следует выделить коллективные труды, посвященные научно-техническим обществам (далее НТО), такие как «Научно-технические общества СССР. Исторический очерк», «Роль научно-технических обществ УССР в повышении эффективности производства», «Инженеры и научно-технический прогресс», «Засівувачі технічного прогрессу» [8] и др. А также своего рода сборники «методических» материалов – «В помощь активу НТО. Сборник руководящих материалов», «В помощь активу НТО (пособие для научно-технических обществ)» [9] и др. Среди ученых, которые обращались к проблемам научно-технического творчества, следует назвать Г. Алексеева [10], З. Лихолобову [11], М. Плюща [12], В. Познанского [13], В. Чистякова [14] и др. Но отмеченные работы значительно перегружены

ссылками на классиков марксизма-ленинизма, а их основные положения не выходили за рамки советских догм. В годы постепенной трансформации общественных отношений интерес к работе научно-технических объединений постепенно угасал.

Основной целью данной статьи является определение места и роли научно-технических обществ в общественно-экономической жизни УССР в 1959-1962 гг. на основе изучения доступной историографической базы и материалов Госархива ЛНР.

Исторический экскурс показывает, что первое научно-техническое общество в Российской империи возникло в ноябре 1866 г. Официально оно называлось Русское техническое общество (РТО). Основателями и активными деятелями общества были Д.И. Менделеев, П. Яблочков, А.М. Бутлеров и др.

16 августа 1918 г. В. Ленин подписал документ, согласно которому при Высшем совете народного хозяйства был создан научно-технический отдел, одной из задач которого было развёртывание в стране сети научно-исследовательских институтов и лабораторий, призванных создать научный фундамент для экономического развития страны [15, с. 74]. А 30 июня 1919 г. был подписан декрет об изобретательстве, которым было положено начало научно-технического творчества в стране советов.

В 1924-1931 гг. в СССР, в том числе и УССР, сложилась целая сеть изобретательских и инженерных организаций. Деятельность РТО осуществлялась согласно постановлению СНК СССР от 25 августа 1921 г. «О мерах по поднятию уровня инженерно-технических знаний в стране», в котором указывалась необходимость всячески «поощрять образования научно-технического характера» [16]. В этот период научно-технические общества находились в ведении Наркома образования СССР. В 1929г. РТО было закрыто и вместо него в 1931 г. были организованы инженерно-технические общества. 19 ноября 1931 г. было принято постановление «О реорганизации научно-технических обществ и Общества «Техника – массам». В постановлении отмечалось, что в условиях индустриализации центр тяжести работы НТО должен быть перенесен на производство. В республиках (в том числе и в украинской ССР) были созданы республиканские отделения в областях с большим количеством предприятий.

В годы первых пятилеток возникли рационализаторские бригады, бригады технической независимости, ставившие своей целью освоение новых производств, позволяющих прежде всего сократить импорт промышленных изделий, ускорить техническое перевооружение предприятий. С 1932 по 1938 гг., все они были объединены в единую организацию – Всесоюзное общество изобретателей (ВОИЗ).

В декабре 1954 г. было принято специальное постановление «О научных инженерно-технических обществах», согласно которому давалось указание: «Реорганизовать существующие научные инженерно-

технические общества, объединяющие узкий круг научных и инженерно-технических работников, в массовые научно-технические общества по отраслям производства, возложив на них широкое объединение инженерно-технических работников и новаторов производства» [17]. Руководство деятельностью НТО возлагалось на Всесоюзный центральный совет профессиональных союзов (ВЦСПС).

При ВЦСПС был образован Всесоюзный совет научно-технических обществ – главный координирующий орган, при ЦК и Советах профсоюзов – соответствующие отраслевые и региональные советы НТО, на предприятиях – организации и советы НТО.

В Уставе НТО СССР были закреплены главные задачи обществ: борьба за материально-техническую базу коммунизма, ускорение темпов научно-технического прогресса, пропаганда достижений науки и техники, привлечение трудящихся к научно-техническому творчеству [18, л. 51-52]. Труды НТО публиковались в журнале «Техника и наука». Целью всесоюзного совета НТО было проведение межотраслевых мероприятий, координация совместных действий между структурными единицами общества, укрепление связи с Государственным научно-техническим комитетом.

В стране было создано 21 отраслевое НТО. На 1959 г. в СССР насчитывалось 29 023 первичных НТО, объединявших 1 058,7 тыс. чел. [19, с. 457]. НТО традиционно создавались по производственному признаку. Они функционировали на абсолютном большинстве предприятий УССР, в том числе и на Луганщине. Просматривалась тенденция роста числа членов НТО и количества их первичных организаций. Так, если в 1959 г. в СССР насчитывалось 26 068 первичных организаций, в 1960 г. – 29 023, то в 1963 г. – их было 45 221 [18, л.37]. Увеличивалось и количество действительных членов НТО: если в 1959 г. их насчитывалось 933,7 тыс. чел., то в 1963 г. – их количество увеличилось в 2 раза и составляло 2082,4 тыс. чел. [18, л. 37].

17 января 1958 года на заседании Президиума ВЦСПС было принято решение о создании Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов (ВОИР). Каждый совет ВОИР (областной, краевой, республиканский) имел секции, которые занимались разными сферами функционирования общества. Производственно-техническая секция занималась организацией социалистических соревнований и конкурсов и обзоров, обменом опытом между изобретателями. В частности, информационно-издательская секция организовывала чтение лекций и проведение семинаров для изобретателей. Финансово-экономическая секция проверяла верность расчета экономического эффекта от использования рационализаторских предложений. Правовая секция оказывала правовую помощь изобретателям и рационализаторам. Экспертно-консультативная - проводила экспертизы и разрешала все споры между

автором изобретения и техническим советом совнархоза, разных ведомств, министерств. Секция организационно-массовой работы занималась привлечением новых членов к обществу [23, л. 15-18].

В качестве мобилизационных форм воздействия использовались как формы опосредованного, идеологического воздействия, т.е. лекции, обучение в различных общественных учебных заведениях, так и непосредственного воздействия, т.е. различного рода смотры, конференции и конкурсы.

В течение 1959-1963 гг. проведено свыше 370 тыс. курсов и семинаров по новой технике и школ так называемого передового опыта. За этот временной период было направлено за границу для участия в научно-технических совещаниях и конференциях 126 делегаций общей численностью 428 чел., в том числе в Болгарию, Венгрию, ГДР, Румынию, Чехословакию [18, л. 36].

Была проведена работа по вовлечению в НТО учёных (профессорско-преподавательский состав), инженеров и рабочих новаторов, работающих в промышленности, строительстве, на транспорте, в сельском хозяйстве, в научно-исследовательских и проектных институтах [18, л. 53]. Предложения НТО учитываются в государственных планах развития основных отраслей науки и техники.

Необходимо отметить высокоразвитую систему стимулирования научно-технического творчества. Советская система материального стимулирования изобретателей и рационализаторов базировалась на двух положениях, согласно которым размер авторского вознаграждения определялся в зависимости от экономии, полученной после внедрения изобретения и рационализаторского предложения, или от действительной ценности изобретения. Кроме того, на материальное поощрение изобретателей и рационализаторов и работников, содействующих внедрению их предложения в производство, в СССР расходовались значительные средства. Так, за изобретение или рацпредложение, которые прошли соответствующие испытания, автору начислялось денежное вознаграждение. Его размер колебался от 100 до 2000 руб. [20, л. 275]. Известно, что в 1960 г. за разработку технологии и промышленное внедрение природного газа в доменном производстве группа работников металлургических заводов Донецкого региона получила Ленинскую премию [21, с. 11]. С 1961 года её денежный эквивалент составлял 10 000 рублей. Неуклонно возрастали государственные ассигнования на нужды науки как в целом по стране, так и по отдельным республикам. За 1950–1960 гг. затраты на науку, согласно государственному бюджету УССР, увеличились с 284 млн до 855 млн руб. [22, с. 47].

Отдельного рассмотрения заслуживают условия научного творчества. В докладе Н. Хрущёва на XXI съезде КПСС отмечалось, что в "СССР созданы неограниченные возможности для развития науки и техники, новых изобретений и открытий" [20, л. 196]. Но было ли это в действительности так? Анализ

архивных документов свидетельствует об отличии между декларируемым и реальным состоянием. Например, на заседании отделения общества в Луганской области в 1959 г. рационализатор Терещенко отмечал, что "на производстве преобладает ручной труд. Условия труда изобретателей и рационализаторов не позволяют им работать над техническими вопросами по механизации производственных процессов. Мы не имеем нормальных условий для творческого труда" [20, л. 287].

Таким образом, НТО, работавшие под руководством профсоюзов, стали большой и влиятельной силой во всех вопросах развития науки и техники в стране, пропаганде достижений науки, соединении науки с производством, внутренним резервом ускорения научно-технического прогресса. В их ряды было привлечено значительное количество членов. Для расширения знаний и повышения квалификации рабочих, инженеров и техников НТО проводили семинары и курсы по новой технике, заводские и межзаводские школы передового опыта, общественные университеты технического прогресса, институты новаторов производства. На предприятиях началось внедрение новых технологий, которые имели значительный экономический эффект, способствовали повышению производительности труда, сокращению расходов сырья и ресурсов и тому подобное. В дальнейшей разработке данной темы перспективным видится исследование количественно-качественного состава областных организаций НТО; выяснение региональных особенностей деятельности филиалов общества.

Л и т е р а т у р а

1. Госархив ЛНР, ф. Р-694, оп. 4, д. 1.
2. Зворыкин А. А. Наука, производство, труд. - М., 1962.
3. Кудряшов А. П. Современная научно-техническая революция и ее особенности. - М., 1965.
4. Мелешенко Ю. С., Шухардин С. В. Ленин и технический прогресс. - М., 1969.
5. Современная научно-техническая революция: ист. исслед./ под ред. С. В. Шухардина. - М., 1970.
6. Педосов А. Д. Партия большевиков и технический прогресс. - М., 1969.
7. Артеменко А.П. Технический прогресс и творчество масс / Артеменко А.П. - Харьков: Прапор, 1972. - 139 с.
8. Научно-технические общества в СССР: [Сб. материалов]. - М.: Профиздат, 1983. - 52 с.; Научно-технические общества СССР. Исторический очерк [Текст]/ Н. Н. Грищенко [и др.]. - М.: Профиздат, 1968. - 455 с.; Роль научно-технических обществ УССР в повышении эффективности производства. - Киев: УкрНИИНТИ, 1982. - 19 с.; Засівувачі технічного прогресу. - Донецьк: Донбас, 1970. - 110 с.; Инженеры и научно-технический прогресс. - Донецк: Донбас, 1971. - 178 с.
9. В помощь активу НТО. Сборник руководящих материалов. - М., 1969.
10. Алексеев Г.М. Движение изобретателей и рационализаторов в СССР/ Г.М. Алексеев // Вопросы истории. - 1969. - №9. - С. 30-48.

11. Лихолобова З.Г. Поступь новаторов: исторический очерк / З.Г. Лихолобова. – Донецьк: Донбасс, 1976. – 160 с.

12. Плющ М.Р. Вклад робітничого класу Українського РСР у прискорення науково-технічного прогресу у промисловості / М.Р.Плющ. – К.: Наукова думка, 1981. – 246 с.

13. Познанский В.С. О развитии массового рабочего изобретательства и рационализаторства в СССР / В.С.Познанский // Вопросы истории. – 1960. – №3. – С. 138 – 153.

14. Чистяков В.С. Партийные организации Украины во главе движения новаторов промышленности (1959-1965 гг.) / В.С.Чистяков. – Харьков: Вища школа, 1974.

15. Исаевич Ю.Г. Л.Д. Троцкий и деятельность научно-технического отдела ВСНХ СССР в середине 1920-х гг. // Вестник РУДН, серия история России. – 2013. – №4. – С.74-84.

16. Спілка наукових та інженерних об'єднань України // <http://snio.org.ua/history-ua.html>

17. Библиотека нормативно-правовых актов СССР // <http://www.libussr.ru/>

18. Госархив ЛНР, ф. Р-2682, оп. 1, д. 2.

19. Рабочий класс СССР (1951 – 1965 гг.). – М.: Политиздат, 1960. – 460 с.

20. Госархив ЛНР, ф. Р-694, оп. 3, д. 5.

21. Буждежан А.В. Чорна металургія Донбасу у 50-80-ті рр. XX ст. Автореф. дис... канд. іст. наук: 07.00.01 / А.В.Буждежан; Донецький нац. університет. – Донецьк, 2008. – 20 с.

22. История Украинской ССР в 10 томах / гл. редкол.: Ю.Ю. Кондуфор (гл. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1981 – 1985. – Т. 9.

23. Госархив ЛНР, ф. Р-694, оп. 3, д. 3.

References

- Gosarhiv LNR, f. R-694, op. 4, d. 1.
- Zvoryikin A. A. Nauka, proizvodstvo, trud.- M., 1962.
- Kudryashov A. P. Sovremennaya nauchno-technicheskaya revolyutsiya i ee osobennosti. - M., 1965.
- Meleschenko Yu. S., Shuhardin S. V. Lenin i technicheskiy progress. - M., 1969.
- Sovremennaya nauchno-technicheskaya revolyutsiya : ist. issled. / pod red. S. V. Shuhardina. - M., 1970.
- Pedosov A. D. Partiya bolshevikov i teh-nicheskiy progress. - M., 1969.
- Artemenko A.P. Technicheskiy progress i tvorchestvo mass / Artemenko A.P. – Harkov : Prapor, 1972. – 139 s.
- Nauchno-technicheskie obschestva v SSSR : [Sb. materialov]. - M. : Profizdat, 1983. - 52 s.; Nauchno-technicheskie obschestva SSSR. Istoricheskiy ocherk [Tekst] / N. N. Gritsenko [i dr.]. - M. : Profizdat, 1968. - 455 s.; Rol nauchno-technicheskikh obschestv USSR v povyishenii effektivnosti proizvodstva. - Kiev : UkrNIINTI, 1982. - 19 s.; Zasiuvachi tehničnogo progresu. – Donetsk: Donbas, 1970. – 110 s.; Inzheneriyi i nauchno-technicheskiy progress. – Donetsk: Donbass, 1971. – 178 s.
- V pomosch aktivu NTO. Sbornik rukovodyaschih materialov. - M., 1969.
- Alekseev G.M. Dvizhenie izobretateley i ratsionalizatorov v SSSR / G.M.Alekseev // Voprosy istorii. – 1969. – #9. – S.30-48.
- Liholobova Z.G. Postup novatorov: istoricheskiy ocherk / Z.G.Liholobova. – Donetsk: Donbass, 1976. – 160 s.

12. Plyusch M.R. Vklad robіtnichogo klasu UkraYinskogo RSR u priskorennya nauko-ve-tehničnogo progresu u promislivosti / M.R.Plyusch. – K.: Naukova dumka, 1981. – 246s.

13. Poznanskiy V.S. O razvitii massovogo rabocheho izrbretatelstva i ratsionalizatorstva v SSSR / V.S.Poznanskiy // Voprosy istorii – 1960. – #3. – S.138 – 153.

14. Chistyakov V.S. Partiyne organizatsii Ukrainyi vo glave dvizheniya novatorov promyishlennosti (1959-1965 gg.) / V.S.Chistyakov. – Harkov: Vischa shkola, 1974.

15. Isaevich Yu.G. L.D.Trotsky i deyatelnost nauchno-technicheskogo otdela VSNH SSSR v seredine 1920-h gg. // Vestnik RUDN, seriya istoriya Rossii. – 2013. - #4. – S.74-84.

16. Spilka naukovih ta Inzhenernih ob'EdnanUkraYini// <http://snio.org.ua/history-ua.html>

17. Biblioteka normativno-pravovyih aktov SSSR // <http://www.libussr.ru/>

18. Gosarhiv LNR, f. R -2682, op.1, d.2.

19. Rabochiy klass SSSR (1951 – 1965 gg.). – M.: Politizdat, 1960. – 460 s.

20. Gosarhiv LNR, f. R-694, op. 3, d. 5.

21. Buzhdezhan A.V. Chorna metalurgiya Donbasu u 50-80-ti rr. HH st. Avtoref. dis... kand. Ist. nauk: 07.00.01 / A.V.Buzhdezhan; Donetskiiy nats. unIversitet. – Donetsk, 2008. – 20 s.

22. Istoriya Ukrainskoy SSR v 10 tomah. / gl. redkol.: Yu.Yu. Kondufor (gl. red.) i dr. – K.: Nauk. dumka, 1981 – 1985. – T.9

23.Gosarhiv LNR, f. R-694, op. 3, d. 3.

Panchenkova N.A.

SCIENTIFIC AND TECHNICAL CREATIVITY IN SOCIAL-ECONOMIC LIFE OF USSR IN THE END 50 – THE BEGINNING OF XX CENTURY (ON MATERIALS OF THE RECORD OFFICE OF LPR)

In the article on the basis of analysis of the archived sources of the Record office of LPR the problem of activity of scientific and technical societies is investigational in USSR in the end 50 – the beginning of XX century. Certain structure of organizations, short description of becoming of scientific and technical societies is given in the USSR, material stimulation of innovators of production are analysed.

Keywords: scientific and technical progress, economic effect, scientific and technical societies, trade union, innovators.

Панченкова Наталья Александровна к.и.н., доцент кафедры Отечественной и всеобщей истории Луганского национального университета имени Владимира Даля.

E-mail: n_panch@mail.ru

Panchenkova Natalia Aleksandrovna – candidate of historical sciences, associate professor of department of Home and universal history Volodymyr Dahl Lugansk National University.

E-mail: n_panch@mail.ru

Рецензент: Шелюто В.М., д.ф.н, к.и.н. кафедры отечественной и всеобщей истории государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 29.06.2017

УДК: 94.477.6 «20»

НАЧАЛО РЕВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ДОНБАССЕ «РУССКОЙ ВЕСНОЙ» 2014

Федоровский Ю.Р.

THE BEGINNING OF THE REVOLUTIONARY PROCESS IN DONBASS AT "RUSSIAN SPRING" 2014

Fedorovsky J.R.

Статья посвящена рассмотрению революционных процессов, протекавших на территории Юго-Восточной Украины в начале 2014 года в ходе так называемой Русской весны. Особенное внимание уделено освещению постепенного перерастания «антимайданных» протестов народа Донбасса в борьбу за самоопределение края и провозглашение независимых Народных Республик, в том числе проведение Референдума о самоопределении региона 11 мая 2014 г. Дается изложение основных событий этого ключевого момента истории Донбасса.

Ключевые слова: Луганская Народная Республика, Болотов, Народный губернатор, «Русская Весна», Луганская гвардия, Референдум, Новороссия.

Введение. События 2013-2014 гг на территории Украины, которые именуются современной официальной украинской национальной историографией не иначе как «Революція гідності» («Революция достоинства»), но чаще трактуются как «Второй Майдан», безусловно, оказали самое серьезное влияние на развитие общественных процессов не только на пост-советском пространстве, но и в Европе и мире в целом. Это не означает необходимости признания Февральского 2014 г. государственного переворота в Киеве и свержения президента Украины В. Януковича как «революции». Ибо так называемая «Революция достоинства» не привела к смене социального строя в стране, называемой Украина, ограничившись фактически лишь сменой олигархических групп у власти и изменением внешней политики с многовекторной на откровенно прозападную.

Целью работы является освещение процессов, протекавших весной 2014 г. на Юго-Восточных землях Украины (Новороссии), а более конкретно – в Донбассе, каковые автор считает гораздо более обоснованным квалифицировать как революционные. Ибо, как известно, в ходе «Русской весны» произошел действительно радикальный социальный переворот, приведший, в частности, к возникновению новых государственных образований и коренной смене руководящих элит.

Революционный принцип «кто был никем – тот станет всем» воплотился здесь наиболее ярко, если сравнить биографии лидеров Республик Новороссии (бывших до 2014 совершенно неизвестными) и нынешних руководителей Киевского режима (практически всех находившихся у власти и ранее). По мнению же В. Сальникова, опирающегося на дефиниции Д. Голдстоуна, «на Украине, цивилизационно и социокультурно расколотой на проевропейские Северо-Запад и Центр и связанный с Россией Юго-Восток, почти одновременно начались две революции – «Революция Достоинства» и «Русская Весна» [1].

Изложение основных материалов. Глубокий общественно-политический кризис, поразивший Украину в 2013-2014 гг, фактически привел к развалу государственности и возникновению на ее территории ряда отдельных регионов, совершенно неподконтрольных центральному правительству. Государственный переворот, совершенный в Киеве в феврале 2014 года в ходе «Второго Майдана» под руководством трех оппозиционных правых партий в опоре на отряды фашиствующих боевиков ряда националистических организаций, катализировал движение Сопrotивления в южных и восточных регионах Украины. Попытки националистов-«майданщиков» захватить здания местных администраций (Харьков – 24 февраля, Луганск – 22-23 февраля) стали толчком к организационному оформлению местного Сопrotивления, первоначально носившему характер регулярных массовых митингов и демонстраций. В Луганске после попытки штурма здания ЛОГА майданщиками из партии «УДАР» под руководством братьев Серпокрыловых в Сквере Героев ВОВ был установлен постоянный пост «Луганской гвардии» [2] – организации «антимайданного» характера, официально зарегистрированной городским управлением юстиции 3 февраля во главе с Александром Харитоновым (экс-секретарь обкома ПСПУ). Прозвучали первые выстрелы на улицах пока что

еще мирного города Луганска [3]. В Донецке с официального митинга 23 февраля началось постоянное дежурство у памятника Ленину в центре города, хотя мнение А. Пургина и Б. Литвинова о начале «Русской весны» с этого момента отвергается, например, Мирославом Руденко [4]. Появлением палаточных городков в Донецке и Луганске ознаменовался первый период Донбасской революции – «митинговый» и сравнительно мирный.

По мнению ряда экспертов, события 20 февраля в Киеве, когда «неизвестные снайперы» расстреляли в спину пресловутую «небесную сотню» и сотрудников МВД, устроив кровавую бойню в центре Киева с целью форсирования государственного переворота, являются началом открытой фазы гражданской войны на Украине. Этому предшествовала многолетняя пропаганда националистического и донбассофобского характера, направленная на «расчеловечивание» противника, результатом чего стали чудовищные факты, когда массовые убийства жителей Юго-Востока Украины встречались чуть ли не аплодисментами, ведь по мнению киевско-львовских обывателей, там живут не люди, а «титущки, колорады, вата, путиноиды, совки» и т.д. Напомним, что прошедший одновременно с Киевскими событиями «Корсунский погром» остался практически незамеченным, а ведь там в результате целенаправленных действий националистов только по официальным данным IGCP было убито 7 человек, 20 пропали без вести и десятки были искалечены.

Уже первые шаги нелегитимного «майданного» руководства страны ясно продемонстрировали его намерения. Это и «ленинопад» по всей территории Украины, и попытки запретить русский язык путем отмены Верховной Радой «закона Кивалова-Колесниченко», и открытое преследование сотрудников «Беркута» из Юго-Восточных областей, и запреты всех акций «антимайданного» характера, и закрытие неугодных СМИ. Естественным следствием этого стал бурный рост и активизация сопротивления Юго-Востока. Первыми составляющими процесса, первыми темами протестных митингов стали: защита и сбор помощи пострадавшим «беркутовцам» и защита местных памятников коммунистической эпохи. Памятники Ленину, обычно находящиеся в центрах многих городов Донбасса, стали центрами сбора протестных масс. Особенно крупная волна митингов 1 марта 2014 года дала движению общее название «Русская весна».

Региональные особенности: в Харькове, ввиду значительной доли украинского населения, движение приобрело характер регулярных столкновений «антимайданщиков» с «майданщиками». Здесь же были зафиксированы и первые жертвы зарождающейся гражданской войны: А. Жудов и А. Шаров – безоружные демонстранты,

застреленные «правосеками»-националистами 14 марта прямо на улице (еще пять человек были ранены, в том числе сотрудник милиции, однако ответственности за это никто не понес). В Донецке демонстранты несколько раз захватывали здания городской и областной администраций. В Луганске движение приобрело специфический оттенок «военной демократии»: параллельно с еженедельными митингами в Интернете появилось несколько роликов так называемых «луганских партизан», на которых вооруженные люди в камуфляже и масках очень серьезно обещали отстаивать права региона с оружием в руках, а среди пикетчиков у здания ОГА выделялась палатка «Луганской самообороны», населенная крепкими парнями призывного возраста в камуфляжной униформе. Появились также отдельные палатки «Молодой гвардии», создателем которой являлся местный депутат-регионал Арсен Клинкаев, и «Луганской гвардии» А. Харитонов. Разнородность движения имела впоследствии ряд негативных последствий.

Параллельно развивались события в Крыму, где рост пророссийских настроений довел ситуацию до уровня кардинальных геополитических изменений: 23 февраля «народным мэром» Севастополя был избран Алексей Чалый, 26 февраля состоялся крупный митинг в Симферополе у здания Верховного Совета АРК, 27 февраля отряды «Крымской самообороны» (так называемые «зеленые человечки» или «вежливые люди») взяли под контроль здание Верховного Совета и сессия приняла решение о проведении референдума 16 марта, по итогам которого регион перешел в состав России.

1 марта в Донецке участники многотысячного митинга в первый раз захватили ОГА и провозгласили лидера «Народного ополчения Донбасса» Павла Губарева – «народным губернатором», который 5 марта попытался взять под контроль местное казначейство.

В Луганске 2 марта под давлением митингующих Областной совет принял решение о непризнании легитимности Киевских властей, требовании всеукраинского референдума и запрета фашистских партий, причастных к майданным беспорядкам («Свободы», «Правого сектора» и др.). А 5 марта на очередном митинге «Русская весна-2» был избран свой «народный губернатор» – Александр Харитонов, руководитель «Луганской гвардии». Авангардная организация революционного движения в то время активно росла: на начало марта были зафиксированы отряды Алчевской, Стахановской, Первомайской, Лисичанской, Ровеньковской, Лутугинской гвардии, общая их численность превысила 2 тыс. ч. [5]. Общими требованиями митингов были: проведение референдума о федерализации, придание русскому языку статуса государственного, разоружение незаконных военизированных формирований

правонационалистических партий и др. Была избрана Инициативная группа из 5 человек для проведения референдума. 9 марта в Луганске состоялся очередной митинг, принявший решение о проведении 16 марта местного референдума по вопросам федерализации, статуса русского языка, присоединения Украины к Таможенному Союзу. Также было принято обращение к президенту РФ В. Путину с просьбой помочь русским в защите их конституционных прав. Проходивший параллельно митинг местных проукраинских элементов по случаю «Шевченковского дня» был разогнан, и толпа пошла на штурм ЛОГА. Только что назначенный Киевом губернатор Болотских под давлением митингующих написал прошение об отставке, однако после срочной эвакуации из здания под прикрытием милиции отказался от него.

Укрепившийся в Киеве националистический режим открыто игнорировал требования Востока, предпочтя встать на путь прямых репрессий. 6 марта был арестован народный губернатор Донбасса П. Губарев, 10 марта случился «общественный арест» депутата Луганского облсовета и лидера «Молодой гвардии» А. Клипчаева в исполнении группы боевиков из МВД в штатском во главе с одиозным нардепом О. Ляшко. Причем депутат Клипчаев был схвачен и избит прямо в кабинете начальника областного УВД генерала В. Гуславского, никак не противодействовавшего творящемуся беспределу. Обращение Луганского облсовета с протестом в Генпрокуратуру Украины осталось без ответа. И хотя Клипчаева вскоре освободили, буквально на следующий день его обманным путем арестовали уже официально и немедленно вывезли в Киев. 13 марта бойцы спецназа СБУ захватили «народного губернатора» А. Харитонову, также этапированного в Киев [6].

Однако репрессии не смогли прекратить протестов, на смену арестованным выдвигались новые лидеры, а в требованиях появился новый пункт: «Свободу политзаключенным!». В Донецке функции временного руководителя Народного ополчения Донбасса (НОД) взяла на себя жена Губарева, Екатерина, эмигрировавшая в Россию, и «заместитель народного губернатора» Роберт Доня (арестованный 4 апреля). В Луганске, несмотря на судебный приговор к «домашнему аресту», координатор «Луганской гвардии» Максим Качура продолжал выступать на митингах вместе с депутатом облсовета от КПУ Юрием Хохловым, представителем «Самообороны» Дмитрием Волосовичем. Спикер Луганской гвардии Анастасия Пятерикова и лидер ПСПУ Любовь Корсакова под угрозой ареста эмигрировали в Россию.

В середине марта начались обострения. Киевский режим, укрепившись, перешел в наступление на мятежные регионы. Помимо вышеупомянутой гибели харьковских «антимайданщиков» А. Жудова и А. Шарова, в Донецке 13 марта во время столкновений при

неясных обстоятельствах был убит один из руководителей местного отделения нацистской партии ВО «Свобода» Д. Чернявский. Напряжение нарастало, на восток началась переброска военной техники и отрядов спешно формируемой Киевом «Национальной гвардии», в состав которой были включены активисты майданных «сотен самообороны» и националистических организаций типа «Правого сектора». Появились также сообщения о том, что киевские власти привлекают для умирнения Юго-Востока иностранных наемников из частных военных компаний. Это лишь добавляло напряженности: население Донецкой и Луганской областей стихийно начало кампанию по блокированию проходящих военных колонн (Ольховая, Станица Луганская, Алчевск, Волноваха) и местных войсковых частей.

Очередным этапом стал «Народный референдум» (автор идеи – Ирина Готман, председатель инициативной группы в Луганске Василий Никитин). 15 марта прошла новая волна митингов «Вставай, Донбасс!». Ввиду фактического срыва официального референдума активисты Луганщины начали сбор подписей в рамках «Народного референдума» по вопросам недоверия новым властям, федерализации, амнистии, вступления в ТС. Уже на следующий день на митинге было объявлено, что в его рамках собрано 20 000 подписей. Аналогичные однодневные «референдумы» прошли также в Донецке, Харькове, Одессе, а в Крыму референдум обрел официальный статус со всеми вытекающими геополитическими последствиями. 22 марта в Луганске прошел новый митинг, выдвинувший лозунг «Янукович, вернись!». С требованиями освободить Харитонову и Клипчаева тысячи митингующих промаршировали к зданию областного СБУ (это был первый поход в данном направлении). 23 марта на митинге был зачитан Отчет о ходе референдума – собрано уже около 100 000 голосов, голосование решено продлить еще на неделю. 29 марта были подведены итоги «Народного референдума». Собрано 173 284 голоса жителей области. 95-96% высказали недоверие врио Президента Турчинову и назначенным им лицам; поддержали федерализацию Луганской области в составе Украины; амнистию лидерам народного сопротивления и вступление Украины в Таможенный союз [7]. А на дорогах Донбасса начинали бурно расти блокпосты народной самообороны.

Назревающий кризис прорвался в начале апреля. 4 числа в Донецкой области были арестованы Р. Доня и избранный 23 марта «народный мэр» Мариуполя Дмитрий Кузьменко. Несколько тысячи возмущенных горожан собрались на стихийный митинг у зданий горсовета и СБУ Мариуполя, требуя освобождения своего лидера и проведения референдума. В результате здания прокуратуры и горсовета были захвачены и разгромлены, а участники акции на следующий день

провели марш и объявили независимую Донецкую республику со столицей в Мариуполе [8]. Начинаясь новый этап Сопротивления: открытое противостояние.

В ночь с 4 на 5 апреля в Луганской области специально прибывшими из Киева сотрудниками СБУ были задержаны несколько активистов местного Антимайданного движения: Павел Стручевский (Северодонецк), Алексей Карякин и Андрей Сабакарь (Стаханов), Алексей Рельке (Ирмино), Андрей Дядюн (Краснодон) и др., а украинские СМИ объявили об аресте «диверсионной группы ФСБ». Очередная «зачистка» стала последней каплей. В Алчевске стихийно собравшаяся в центре города у здания управления СБУ большая толпа перекрыла центральную улицу и ультимативно потребовала освободить задержанных. После нескольких часов напряженных переговоров Александр Красько и Евгений Верховод из Алчевской гвардии и Дмитрий Солдатов из Алчевской дружины были освобождены, а протестующие устроили митинг и прошли маршем от пл. Ленина до здания горсовета («Алчевский пролог»).

В Интернете появилось последнее обращение «луганских партизан», на котором человек в камуфляже снял маску и открыто объявил свое имя: Валерий Болотов, руководитель Союза ветеранов ВДВ области, призывая всех к сопротивлению. 6 апреля в Луганске после очередного митинга на центральной площади около 3 тыс. человек решительно двинулись к зданию СБУ и осадили его. После напряженных переговоров с участием силовиков все задержанные накануне были освобождены с уникальной формулировкой «по решению суда, по требованию народа». Здание вместе с оружейной комнатой перешло под контроль восставших и стало быстро обрастать баррикадами. Руководство перешло в руки штаба Армии Юго-Востока, который возглавил В.Болотов, а вошли в него Алексей Рельке, Павел Стручевский, Сергей Корсунский. Прошли также демонстрации в районах: Северодонецке, Лисичанске, Антраците.

В тот же день в Донецке по аналогичной схеме была взята облгосадминистрация. Повстанцы потребовали немедленно созыва внеочередной сессии облсовета и принятия решения о проведении референдума. Не получив ответа до полуночи, они избрали Народный совет из представителей от громад области и утром 7 апреля провозгласили создание Независимой Донецкой республики. Декларацию о суверенитете ДНР и Акт о провозглашении государственной самостоятельности зачитал тогдашний председатель Нарсовета Владимир Макович [9]. Председателем правительства Республики стал Денис Пушилин, через несколько дней (10 апреля) был назначен «министр иностранных дел» – Екатерина Губарева, а также создана Народная армия (командующий – Игорь Хакимянов). 7

апреля Республиканский совет Донецкой народной республики сделал официальное заявление о том, что в Луганске, Донецке и Харькове до 11 мая будет проведен референдум и что действия Востока Украины – согласованы. Кроме того, Совет обратился за помощью к президенту РФ В. Путину. Было захвачено здание Донецкого СБУ, а ДОГА быстро обросла двумя рядами баррикад.

В тот же день, 6 апреля, в Харькове прошел обычный воскресный митинг. Но когда до города дошли известия о событиях в Донецке, под вечер начался новый митинг, в ходе которого была захвачена облгосадминистрация. Местная милиция вела себя достаточно пассивно и не особо сопротивлялась. Активисты снова призвали депутатов облсовета поддержать требования громады по признанию нелегитимными киевских властей и по проведению референдума по вопросам федерализации и двуязычия. Прогнозируемо не дождавшись ответа, на следующий день, 7 апреля, демонстранты снова захватили ЛОГА, предварительно разогнав местный евромайдан, пытавшийся ее отбить, и объявили о создании «Совета народных депутатов Харьковской областной территориальной громады, исполняющего обязанности Харьковского облсовета». Председателем стал координатор движения «Русский Восток» Антон Гурьянов, секретарем – Арина Братченко. Здесь же, на вече, была объявлена Харьковская Народная Республика и избраны «альтернативные депутаты» – Константин Долгов, Егор Логвинов, Евгений Гутков, Виталий Саттаров, Павел Тищенко и другие. Было принято обращение к законному президенту Украины В. Януковичу с просьбой легитимизации собрания и принятых документов [10].

Вскоре, в ночь на 8 апреля, спецназ взял штурмом ХОГА и зачистил ее, о чем поспешил отчитаться в Фейсбуке «министр внутренних дел» Киевского режима А. Аваков. Около 70 человек были задержаны, и СМИ поспешили заявить о «конце республики». Правда, Антон Гурьянов с этим не согласился и 10 апреля объявил о создании армии ХНР – «Народного ополчения». Власти отвечали усилением репрессий – было запрещено проведение в городе митингов. 9 апреля Аваков предъявил ультиматум в 48 часов для очистки админзданий, угрожая в противном случае штурмом и стрельбой на поражение, а 8 апреля полностью взята под силовой контроль «майданщиков» Верховная Рада Украины послушно проштамповала законопроект о внесении новых изменений в Уголовный кодекс, предусматривающий ужесточение наказаний за «преступления против основ национальной безопасности» (действия с целью изменения границ Украины, захват транспортных средств и предприятий, создание помех законной деятельности вооружённых сил Украины).

Первоначально фактическая калька Донбасского Сопrotивления с ненасильственного невооруженного протеста начального «евромайдана» с захватом административных зданий была впервые нарушена именно в Луганске. В здание Луганского СБУ свозилось оружие со всей области (власти опасались, что городские и районные ГОВД могут быть легко взяты под контроль протестующими), поэтому после его захвата повстанцами проблем выставить два полностью вооруженных мотострелковых батальона уже не было. Поскольку ударной силой штурмующих выступали активисты «Союза десантников» – отслужившие запасники войск спецназначения, имеющие хороший опыт обращения с оружием, довольно быстро были сформированы первые «роты», а затем и «батальоны» народного ополчения, принявшие название «Армия Юго-Востока». По некоторым данным, восстание готовилось на более поздние сроки, но работа СБУ по задержанию активистов сопротивления и разгром ряда ячеек заставили форсировать реализацию планов. Облетевшие все СМИ многочисленные фото и видео из Луганской «иСБУшки» (так стали называть ставшее первым центром восстания здание бывшего областного управления СБУ), где люди в камуфляже с оружием заявляли о народном характере восстания, требовали проведения референдума и в случае нападения угрожали силовикам хунты «устроить ад», очевидно, сильно охладили воинственный пыл киевского режима. В гости к повстанцам в Луганск зачастили нардепы и кандидаты: В. Медяник, О. Ляшко, С. Тигипко, М. Добкин, О. Царев, Ю. Тимошенко... Несмотря на транслируемые по Украинскому телевидению перманентные угрозы, спецподразделение «Альфа» отказалось штурмовать админздания в Донецке и Луганске, и по истечении срока очередного ультиматума Авакова 11 апреля вместо штурма в Донецке начались переговоры «премьер-министра» А. Яценюка с официальным руководством областей. Представители ДНР не были приглашены к участию в них.

В тот же день штаб Армии Юго-Востока предъявил свой ультиматум, адресованный Луганскому облсовету, с требованием немедленного провозглашения Луганской Народной Республики и проведения референдума о ее вхождении в состав РФ. Началось блокирование местной воинской части Внутренних войск общественными активистами. Засветился в СМИ другой лидер Сопrotивления – Алексей Мозговой, который навестил с визитом Москву, встретился с лидерами ЛДПР В. Жириновским и "Справедливой России" С. Мироновым и озвучил обращение к президенту РФ В. Путину: «Мы надеемся, что Вы нас слышите и реагируете так, как должны реагировать, если вы действительно патриот! Сделайте решительный шаг!» Местный информ-сайт cxid.info провел тогда опрос «Когда освободят захваченное здание СБУ в

Луганске?». Результаты были такие: активисты добьются своего и покинут здание – 36.73%; власть начнет «зачистку» здания, требования никто не выполнит – 17.95%; активисты и власти придут к компромиссу, и все обойдется без штурма – 35.91%; никогда, это будет отдельный захваченный квартал Луганска – 9.38% [11].

Началом следующего этапа явилась волна захватов зданий СБУ, МВД и администраций на западе Донецкой области. Первым городом стал ныне уже легендарный Славянск, где 12 апреля группа бойцов Народного ополчения во главе с командиром «Стрелком» взяла под контроль горотдел милиции и горсовет. За ним последовали Красный Лиман, Краматорск, Дружковка, Горловка, ополченцы НОД вошли в областное ГУМВД в Донецке. Отряд бывшего «Беркута», брошенный на Славянск приказом Авакова, отказался штурмовать горотдел и разгонять митингующих. Вместо них в район двинулись отряды неопознанных карателей в масках и черной форме, которых начали называть объединительным термином «Правосеки». Видимо, после занятия Славянска киевская хунта осознала, что иных путей удержания Донбасса в составе Украины, кроме силовых, уже не осталось. Поэтому в районе вскоре начались открытые боевые действия, названные «Антитеррористической операцией». Появились первые жертвы (Р. Аванесян). Ополченцы начали вооружаться и строить баррикады.

А в Луганске 14 апреля первые отряды новосформированной повстанческой Армии Юго-Востока принесли присягу на верность народу Луганщины. Штаб предъявил очередной ультиматум председателю ЛОГА М. Болотских: заявить о неподчинении области незаконной и нелегитимной киевской власти, признать народное движение легитимным, освободить всех политзаключенных. Прошли митинги федералистов в Свердловске, Стаханове. В Мариуполе, Славянске, Горловке появились «народные мэры» – Вячеслав Куклин, Вячеслав Пономарев, Александр Сапунов. Над горсоветами взмывали флаги Республик.

Этапным днем стало 21 апреля, когда в Луганске собрался областной народный сход. 217 представителей от 69 городов и районов избрали В. Болотова народным губернатором, объявили о взятии власти в свои руки и непризнании киевской власти. Луганская область была объявлена временной автономией в составе Украины до проведения референдума о статусе в два этапа 11 и 18 мая. Проекты более радикально настроенного А. Мозгового, претендовавшего на руководство Народным сходом, о немедленном провозглашении ЛНР, Декларации о государственном суверенитете и Акта провозглашения независимости были отклонены, председателем схода стала Л. Корсакова, хотя в опубликованных первоначально законопроектах значилась фамилия «Мозговой». Неприятный инцидент с попыткой прорыва

Мозгового с группой поддержки из «Народного ополчения Луганщины» в здание СБУ, где начинался Сход, стал одним из признаков назревающих противоречий внутри движения Сопrotивления. Именно после этого его сторонники ушли из Луганска, перебазировавшись в летние лагеря в районе Ольховой, а затем возле Свердловска.

Выжидательная тактика В. Болотова, затягивание вопроса с провозглашением «Луганской Народной Республики» начинали вызывать недовольство, видимо, поэтому, подталкиваемый активистами, он решился на демонстративный «Стахановский рейд»: 26 апреля группа из 4 десятков бойцов АЮВ совершила марш-бросок на 60 км на запад, мгновенно и бескровно взяла под контроль райцентр, собрала народ на митинг в городском ДК и, дав толчок развитию местной революции, той же ночью вернулась обратно. Таким образом всем было наглядно продемонстрированы возможности Армии Юго-Востока защитить население от возможных нападений киевских силовиков или правосеков, которые уже развернули наступление на территории Донецкой области под Славянском. В тот же день Болотов предъявил очередной ультиматум властям: прекратить АТО, разоружить «Правый сектор» и др., признать русский язык государственным, объявить амнистию политзаключенным, признать его легитимным губернатором с переподчинением местных органов. Был назначен окончательный срок.

27 апреля Координационный Народный совет на митинге уже за пределами разросшегося палаточного городка возле СБУ огласил Декларацию о суверенитете Луганской Народной Республики и Акт о провозглашении государственной самостоятельности ЛНР [12].

29 апреля, после истечения срока ультиматума, Армия Юго-Востока выполнила свое обещание и перешла в наступление. 5-тысячная толпа митингующих двинулась к зданию Луганской облгосадминистрации и взяла его штурмом. Охранявшие дом солдаты были загнаны на задний двор и после переговоров выпущены. Далее были захвачены областное телевидение ЛОТ, облпрокуратура, УВД (здесь дошло до перестрелки с осажденными милиционерами) и Первомайский горсовет. Были сняты украинские и вывешены российские флаги также в Красном Луче, Алчевске, Антраците, Горном и далее по дороге на Донецк – в Шахтерске, Торезе, Снежном. Первомайские митинги сопровождалась сменой флагов также в Ровеньках, Северодонецке, Перевальске, Брянке.

А уже 2 мая началась осада Луганского обленкоммата и погранзаставы в Красной Таловке. 3 мая в Антрацит прибыли первые отряды Донских казаков – и на территории свободной Луганщины появилось новая сила, персонализированная атаманом Николаем Козицыным. Разномастные отряды казаков из-под его флага постепенно заняли

всю южную часть области: Красный Луч, Краснодон, Ровеньки, Свердловск.

5 мая нововозникший орган власти «Народный Совет» Луганщины во главе с Андреем Андреевым официально делегировал Болотову полномочия переподчинить все областные органы. Центральный Избирательный Комитет Республики (руководитель – Александр Малыхин) утвердил окончательную формулировку вопроса на референдум. Официальный Луганский облсовет выпустил очередное бессильное заявление о поддержке инициативы проведения референдума о статусе Луганской области и требованием к центральной власти прекратить карательные операции и отвести воинские части. Вышел Приказ В. Болотова о создании народно-освободительного батальона «Заря», командиром которого стал майор запаса Игорь Плотницкий. А на следующий день Народный губернатор, командующий Армии Юго-Востока В. Болотов и лидер Народного ополчения Луганщины А. Мозговой по инициативе лидера «Новороссии» О. Царева официально объявили о своем примирении и объединении сил. Первый раскол в среде повстанческого движения был устранен.

11 мая, в назначенный срок, невзирая на разнообразное давление киевских властей, состоялся долгожданный референдум о самостоятельности и суверенитете Донецкой и Луганской Республик. В назначенное время открылось большинство участков и комиссии, сформированные для организации президентских выборов и пополненные добровольцами-федералистами, приступили к работе. В Луганске, Алчевске, Северодонецке, Брянке, Первомайске, Александровске, Красном Луче, Рубежном, Новодружеске и др. голосование прошло нормально и с высокой активностью, чему поспособствовала ясная, солнечная погода. Местами даже возникали очереди. Уже к 10.00 явка в Луганске составила около 22%, а на 12.00 по области достигла 65%. Как сообщил пресс-секретарь Армии Юго-Востока В. Никитин, по состоянию на 14.00 (15.00 мск) явка составила более 75%, а на 16.00 (17.00 мск) – 78%, причем в самом Луганске – 75%. Также успешно прошло голосование в Станично-Луганском районе (с. Валуйское, ст. Ольховая, Денежниково, Айдар-Николаевка, Марс, Райгородка, Смоляниново), Беловодском районе.

В Новопсковском районе помещений под проведение референдума предоставлено не было, он проводился под открытым небом. Избирательная комиссия в Старобельске разместилась в коридоре школы №1. В Кременной голосование проводилось в палатках на центральной площади.

Киевская хунта попыталась сорвать голосование в северных малонаселенных районах Луганщины. Подразделения «Национальной гвардии» на БТР двинулись из Харьковской области и блокировали Меловской, Белокуракинский,

Троицкий, Сватовский, Беловодский районы и Новоайдар. Через Марковку на Луганск прошли 25 БТР, из-за военной угрозы работа участков была приостановлена, но затем возобновилась. Также в Колядовке (Новоайдарский район) из-за прохождения 12 БТР в сторону Алексеевки председатель сельсовета приказал закрыть участок. Бронетехника Нацгвардии сумела дойти до города Счастье (24 км от Луганска), однако к вечеру отступила.

Зампредседателя Центризбиркома В. Никитин сообщил, что в Троицке несколько тысяч человек собрались на площади и требовали дать им возможность проголосовать. Машины ЦИК Луганской республики смогли проскочить через кордоны Нацгвардии и доставить бюллетени для голосования к 12.30. Также в Новоайдарском районном ДК началось активное голосование, но затем территориальная избирательная комиссия была срочно эвакуирована, ибо бойцы Нацгвардии БТРами заблокировали входы на участки, а затем разгромили избирком. В Райгородке (Новоайдарский район) нацгвардейцы разогнали избирательную комиссию, но члены сумели сохранить бюллетени и составили протокол в другом месте. Голосование все-таки состоялось в Меловском и Троицком районах, хотя людям пришлось буквально прорываться с боями. Мэр Сватово Е. Рыбалко отказался организовать избирательные участки для проведения референдума и под угрозой стрельбы на поражение запретил местным жителям принимать в нем участие. Невзирая на это, к горсовету прибыли несколько десятков человек и устроили митинг, требуя начать голосование. Позже сюда прорвалась машина с бюллетенями из Луганска в сопровождении бойцов АЮВ и голосование началось около 18 часов в палатке на улице, возле здания райсовета. Несмотря на активное противодействие наци-гардов, установивших блокпосты, «в партизанском режиме» прошло голосование в Меловом.

Официальные итоги референдума были оглашены на следующий день на многоядном митинге в Луганске. В поддержку Акта о государственной самостоятельности проголосовало 96%, о чем и было объявлено председателем ЦИК А. Малыхиным. Затем член ЦИК Лия Коваленко зачитала Акт о провозглашении государственной самостоятельности Луганской Народной Республики, и таким образом произошло официальное провозглашение ЛНР. А потом на сцену поднялся народный губернатор В. Болотов, который поздравил жителей «Великой Луганщины» с победой. Народ приветствовал выступающих с энтузиазмом, невзирая на дождь, особенно – выступившего в заключение лидера движения «Юго-Восток» Олега Царева.

Отметим, что уже в этот день В. Болотов начал титуловаться в документах как «Глава Луганской

Народной республики» [13], хотя официально он был избран на этот пост лишь 18 мая. Однако первые дни нового государства были омрачены покушением на его лидера: 13 мая, когда Болотов направлялся в Донецк на переговоры об объединении Республик, в районе Изварино его машина попала под огонь снайпера. Валерий Дмитриевич был ранен и эвакуировался в Россию на лечение. Временно исполняющим обязанности народного губернатора стал начальник штаба Армии Юго-Востока Геннадий Цыпкалов. Активизировались каратели в северных районах Луганщины: ими был захвачен Старобельск, в селах вокруг разместились воинские части и бронетехника. 17 мая при возвращении Болотова произошла попытка его задержания на пограничном пункте Должанский. Однако немедленно прибывшая к месту сотня автоматчиков АЮВ вежливо и без стрельбы убедили пограничников освободить своего командира, который в тот же день объявил о возвращении к исполнению обязанностей народного губернатора.

На следующий день был сделан еще один серьезный шаг государственного строительства. Народные вече по всей территории ЛНР по уже отработанной во время Областного схода 21 апреля схеме избрали делегатов от 38 городов и районов на первое заседание народного парламента. Всего было избрано от 108 до 134 человек, по разным данным. Этому первому созыву было суждено проработать ровно полгода и принять многие основополагающие документы Республики. Хотя название органа было весьма нестабильным. Первоначально обсуждалось название «Государственный Совет», однако в первых документах остановились на форме «Республиканское Собрание», которая позже заменилась «Верховным Советом», а в октябре произошло последнее переименование в «Народный Совет». Уже на первом заседании, 18 мая, поздно вечером была принята временная Конституция (обнародована 20 мая) и избрано руководство. Главой ЛНР стал Валерий Болотов, председателем парламента – Алексей Карякин, главой правительства – Василий Никитин [14]. Чуть ранее в тот же день был утвержден в должности первый министр ЛНР – глава МВД Юрий Ивакин. А 21 мая в условиях нарастания военной угрозы с запада был утвержден второй министр – обороны. Этот пост логичным образом занял командир первого боевого соединения Республики – Народного батальона «Заря» Игорь Плотницкий.

Аналогичные процессы становления государственных структур происходили и в ДНР. 16 мая Верховный Совет Республики утвердил состав нового правительства во главе с московским политтехнологом Александром Бородаем. Правда, его кадровый состав оказался весьма неудовлетворительным: в первые же дни несколько человек, названных министрами, отказались от участия или заявили об отставке (А. Грановский, О.

Ковальчук, К. Щербаков, В. Писаренко, Е. Блоха, Н. Воронина).

Однако мирный период существования Республик оказался слишком краток. Уже 22 мая, после визита главы киевской хунты Турчинова в военный лагерь «АТО» под Славянском, отряды карателей резко активизировались и развязали боевые действия непосредственно на территории Луганщины. Ранним утром колонны бронетехники Нацгвардии и ВСУ двинулись через Рубежное на Северодонецк. На мостах через Северский Донец их встретило сопротивление народного ополчения ЛНР. Некоторые мосты были взорваны, завязались упорные бои в промышленном узле Лисичанск-Северодонецк-Рубежное. Одновременно была атакована Станица Луганская возле областного центра, но карателей отогнали, не допустив к мостам. Произошел первый подрыв железнодорожных путей на перегоне Штеровка-Щетово. Мирные города Луганщины впервые услышали залпы артиллерии и рёв самолётов. В Ровеньках, Попасной, Стаханове, Алмазной, Антраците в полдень досрочно прекращены занятия, учащиеся школ и дети из садов распущены по домам. Глава ЛНР В. Болотов объявил военное положение и обратился к президенту РФ В. Путину с просьбой о помощи миротворческими силами [15].

В этот же день произошли кровавые события под Волновахой, где при странных обстоятельствах был уничтожен блокпост ВСУ. А 26 мая начались серьезные бои в Донецке: первое значительное поражение ополченцев – разгром в аэропорту. Таким образом завершился 1 этап революционного процесса «по Гладстоуну»: захват власти революционерами. Начинаясь гражданская война.

Вывод. Таким образом, можно заключить, что представленный ряд событий наглядно демонстрирует, как стихийный народный протест Донбасса против антиконституционного «Майданного» госпереворота постепенно перерос в движение за самоопределение края, а затем, ввиду откровенного нежелания нового Киевского режима считаться с интересами региона, в полномасштабную сепессию, завершившуюся народным восстанием и провозглашением Народных Республик в Луганске, Донецке и Харькове. Обращение Киевского режима к силовым методам проведения карательной операции вылилось в настоящую гражданскую войну.

Литература

1. Сальников В.И. «Революция достоинства» и «Русская весна»: сравнительный анализ. // Журнал исторических, политологических и международных исследований (Донецк). – 2016. – № 1. – С. 63.
2. Федоровский Ю.Р. Луганская Народная Республика. Хронология // Создание ЛНР и военные действия на Луганщине. Сборник исторических материалов. Луганск: Альма-матер, 2015. – С. 9.
3. Новикова К. Луганск. Местная оппозиция начала стрелять боевыми // XXI век, №15, 26.02.2014.

4. Руденко М. Первый день восстания: о дате начала Русской весны на территории бывшей Донецкой области // Новая Земля (Донецк). – 2016. – №2. – С. 8-9.

5. Федоровский Ю.Р. Революционные события 2014 года в Донбассе. Начало // Новая Земля. – 2016. – №2. – С. 15.

6. Федоровский Ю.Р. Донбасские республики 2014 года как преемник Донецко-Криворожской Республики // Наследие: журнал научных публикаций. №1, 2016. – Луганск: ЛГУ им. Даля, 2016. – С. 184.

7. Луганский формат №1, 1 апреля 2014.

8. Федоровский Ю.Р. Революционные события 2014 года в Донбассе. – С. 16.

9. ДНР. Хроника судеб. Хроника первого года Донецкой Народной Республики в фактах, фотографиях, цифрах, интервью. – Донецк, 2015. – С. 6.

10. Федоровский Ю.Р. Донбасские республики 2014 года как преемник ДКР. – С. 186-187.

11. Федоровский Ю.Р. Революционные события 2014 года в Донбассе. – С. 17.

12. Федоровский Ю.Р. Луганская Народная Республика. Хронология. – С. 12.

13. Приказ Главы ЛНР №2 от 12.05.2014 (копия) из личного архива автора.

14. Глуз П. «Мы наш, мы новый!..» // XXI век, №39, 21.05.2014.

15. Луганский формат №9, 23.05.2014.

References

1. Salnikov V.I. «Revolyutsiya dostoinstva» i «Russkaya vesna»: sravnitelnyiy analiz. // Zhurnal istoricheskikh, politologicheskikh i mezhdunarodnykh issledovaniy (Donetsk). – 2016. - #1. – s. 63.

2. Fedorovskiy Yu.R. Luganskaya Narodnaya Respublika. Hronologiya. // Sozдание LNR i voennye deystviya na Luganschine. Sbornik istoricheskikh materialov. Lugansk: Alma-mater, 2015. – S.9.

3. Novikova K. Lugansk. Mestnaya oppozitsiya nachala strelyat boevyimi // NHI vek #15, 26.02.2014.

4. Rudenko M. Pervyy den vosstaniya: o date nachala Russkoy vesny na territorii byivshyey Donetskoy oblasti. // Novaya Zemlya (Donetsk). – 2016. - #2. – s.8-9.

5. Fedorovskiy Yu.R. Revolyutsionnyye sobyitiya 2014 goda v Donbasse. Nachalo. // Novaya Zemlya. – 2016. - #2. – s.15.

6. Fedorovskiy Yu.R. Donbasskie respubliki 2014 goda kak preemnik Donetsk-Krivorozhskoy Respubliki // Nasledie: zhurnal nauchnykh publikatsiy. #1, 2016.- Lugansk: LGU im.Dalya, 2016.- S.184.

7. Luganskiy format #1, 1 aprelya 2014.

8. Fedorovskiy Yu.R. Revolyutsionnyye sobyitiya 2014 goda v Donbasse. – s.16.

9. DNR. Hronika sudeb. Hronika pervogo goda Donetskoy Narodnoy Respubliki v faktah, fotografiiyah, tsifrah, intervyyu. – Donetsk, 2015. – s.6.

10. Fedorovskiy Yu.R. Donbasskie respubliki 2014 goda kak preemnik DKR.- S.186-187.

11. Fedorovskiy Yu.R. Revolyutsionnyye sobyitiya 2014 goda v Donbasse. – s.17.

12. Fedorovskiy Yu.R. Luganskaya Narodnaya Respublika. Hronologiya. – S.12.

13. Prikaz Glavyi LNR #2 ot 12.05.2014 (kopiya) iz lichnogo arhiva avtora.

14. Gluz P. «Myi nash, myi novyyi!..» // NHI vek #39, 21.05.2014.

15. Luganskiy format #9, 23.05.2014.

Fedorovsky J.R.
**THE BEGINNING OF THE REVOLUTIONARY
PROCESS IN DONBASS AT "RUSSIAN SPRING" 2014**

The article is devoted to the revolutionary processes taking place in the South-Eastern Ukraine in early 2014 during the so-called "Russian spring". Special attention is paid to the gradual escalation "Anti-Maidan" protests of the people of Donbass in the struggle for self-determination of the territory and the proclamation of the independent People's Republics, including the holding of a Referendum on self-determination regions 11 may 2014. Served a summary of the main events of this key moment in the modern history of Donbass.

Key words: *Lugansk People's Republic, Bolotov, People's Governor, Russian Spring, Lugansk guard, Referendum, Novorossia.*

Федоровский Юлий Рудольфович – к. и. н., доцент кафедры отечественной и всеобщей истории. Луганский

национальный университет имени Владимира Даля, ЛНР, Луганск.

E-mail: zonnenberg@lds.net.ua

Fedorovsky Julius Rudolfovitch – Candidate of historical sciences, Associated Professor, the senior lecturer of Faculty of Domestic and General history, Lugansk National University named after V. Dahl.

E-mail: zonnenberg@lds.net.ua

Рецензент: Шелюто В.М., д.ф.н, к.и.н. кафедры отечественной и всеобщей истории государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Луганский национальный университет имени Владимира Даля».

Статья подана 30.06.2017.

ТРЕБОВАНИЯ

к оформлению статей для публикации в научном журнале «ВЕСТНИК Луганского национального университета имени Владимира Даля»

ПУБЛИКАЦИЯ СТАТЕЙ

1. Документы и материалы собираются на кафедрах, ответственных за раздел, затем передаются в издательство университета.
2. К публикации принимаются статьи, материалы которых соответствуют научному направлению сборника (**определяется кафедрой, формирующей раздел в журнале**).
3. Статьи, не соответствующие научному направлению журнала или Требованиям к оформлению статей, редакцией не принимаются.
4. Для принятия решения о публикации статьи в журнале необходимо предоставить:
 - сопроводительное письмо (с указанием, что статья ранее нигде не публиковалась) от организации, где работают авторы, и сведения об авторах статьи, рецензию.
Для сотрудников ЛНУ им. В. Даля вместо письма можно предоставить выписку из заседания совета факультета и рецензию;
 - электронный вариант статьи:

Название файла статьи: <фамилия автора_город> например – Петров_Луганск.doc.
Название английского файла Petrov_Lugansk.doc.
Статья сохраняется в форматах *.doc, *.docx, *.rtf.

Внимание! Убедительная просьба, проверить получение редакцией материалов.

Внимание! Редакция оставляет за собой право возвращать статьи авторам на доработку в следующих случаях: правка ошибок после вычитки, статья небрежно оформлена и не соответствует требованиям редакции.

ДЛЯ ВЫЧИТКИ текст статьи (английский текст не вычитывается) распечатывают в соответствии с такими требованиями:

- формат А4 (поля по 20 мм с каждой стороны);
- шрифт Times New Roman,
- размер – 14 пт,
- межстрочное расстояние – 1,5 строки.
- четкая печать на лазерном или струйном принтере.

Статьи подаются в одном экземпляре, напечатанные на лазерном (струйном) принтере, с подписями всех авторов, файл статьи на диске или e-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com, а также предоставляются данные на английском языке (авторы статьи, заглавие статьи; наименование организации, ведомства, должность, электронный адрес автора); аннотация; ключевые слова; список литературы латиницей).

Луганский национальный университет имени Владимира Даля,
г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а

СТРУКТУРА СТАТЬИ

УДК

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (на языке текста)
Фамилии, инициалы авторов (на языке текста статьи)

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (на английском языке)
Фамилии, инициалы авторов (на английском языке)

*Аннотация на языке статьи***Ключевые слова:**

Основной текст статьи, включающий следующие разделы:

Введение**Изложение основного материала****Результаты исследований****Выводы**

Л и т е р а т у р а на языке текста статьи
Л и т е р а т у р а л а т и н и ц е й

Фамилии, имя, отчество (ПОЛНОСТЬЮ), название статьи (на английском языке)*Аннотация (на английском языке)**Ключевые слова (на английском языке)***Сведения об авторах (на русском и английском языке), e-mail:** (каждого автора)**Рецензент***Статья подана***ОБРАЗЕЦ статьи на сайте университета***http://www.dahluniver.ru/about_university/departments/izdatelstvo/***ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ**

Основной текст статьи размещается на формате А4 (80х245 мм), ориентация – книжная со следующими полями: верхнее – 3 см, нижнее – 2,25 см, левое – 2 см, правое – 11 см. От края до верхнего колонтитула – 2 см, до нижнего колонтитула – 1см, межстрочный интервал – 1,0. Запрет висячих строк. Автоматическая расстановка переносов (ширина зоны переноса слов – 0,25 см). Запрет переноса слов прописными буквами.

Текст статьи оформляется в редакторе **Microsoft Word XP/2003/2007/2010**.

Статья сохраняется в форматах *.doc, *.docx, *.rtf.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ

На первой странице в первой строке набирается УДК, без абзацного отступа. (выравнивание по левому краю). Шрифт Times New Roman, размер 10 пт, начертание – обычный.

пропуск строки

Название статьи на языке текста (русском или украинском) набирается прописными буквами (шрифт Times New Roman, размер – 11 пт, начертание – **полужирный**, выравнивание – по центру).

пропуск строки

Фамилии, инициалы авторов (количество авторов **не более 3-х** от одной организации) **на языке текста статьи** (русском или украинском) (шрифт Times New Roman, размер – 11 пт, начертание – **полужирный**, выравнивание – по центру).

пропуск строки

пропуск строки

Название статьи на английском языке набирается прописными буквами (шрифт Times New Roman, размер – 11 пт, начертание – **полужирный**, выравнивание – по центру).

пропуск строки

Фамилии, инициалы авторов на английском языке (шрифт Times New Roman, размер – 11 пт, начертание – **полужирный**, выравнивание – по центру).

пропуск строки

пропуск строки

пропуск строки

Аннотация на языке статьи объемом не менее 500 знаков (не менее 8 строк) (шрифт Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – *курсив*, выравнивание – по ширине, без абзацного отступа).

Ключевые слова на языке статьи (не более 7 слов) размещаются с новой строки (шрифт Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – *курсив*, выравнивание – по ширине, без абзацного отступа.).

пропуск строки

пропуск строки

Основной текст статьи набирается шрифтом Times New Roman; размер – 10 пт; начертание – обычный; межстрочный интервал – 1,0; выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 0,75 см.

Заголовок каждого раздела (**Вступление** и т.д.) выделяют по тексту полужирным, помещают с новой строки. Текст раздела идет сразу после заголовка в той же строке.

Статья должна включать такие разделы:

Введение (постановка проблемы, задачи в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами, анализ последних публикаций (не менее 3-х статей), в которых анализируется решение данной проблемы, формулировка цели статьи (отдельный абзац с новой строки – «Целью работы является...») и постановка задач);

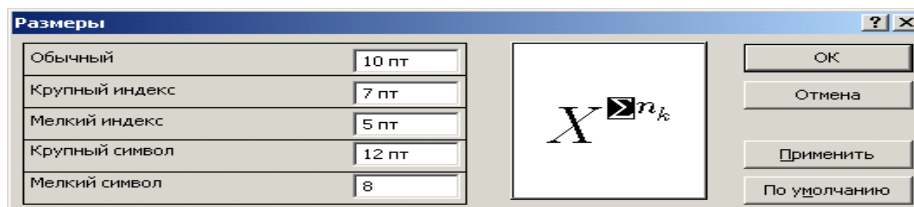
Изложение основных материалов

Результаты исследований

Выводы

Литература

Формулы и символы набираются только (!!!) в редакторе формул Microsoft Equation 2.0/3.0 или MathType со следующими параметрами: стиль – математический; размеры шрифта:



Формулы не должны быть деформированы (формат объекта → размер → масштаб → 100%)
 Нумерация формул – в круглых скобках с выравниванием по правому краю границы текста.

Внимание! Убедительная просьба не увлекаться "декоративной математикой".

Рисунки, диаграммы и графики размещаются непосредственно в тексте без обтекания (формат рисунка → положение → обтекание → в тексте) в последовательности, в которой приводятся ссылки на них в статье, сразу после первой ссылки на них. Рисунки выполняются в форматах .jpg, .wmf или .tif. Выполненные в Word рисунки должны быть сгруппированы и стоять без обтекания либо помещены в полотно.

Подрисовочный текст, номер, название рисунка выполняется шрифтом Times New Roman; размер – 9 пт; начертание – обычный; интервал – 1,0.

Рисунки не должны быть деформированы.

Внимание! Запрещается внедрять графические материалы в виде объектов, связанных с др. программами, например, с КОМПАС, MS Excel и т.п. **Рисунки, выполненные непосредственно в MS Word, не принимаются.**

Таблицы. Таблица озаглавляется словом "Таблица" (шрифт – обычный TNR 9 пт, выравнивание – по правому краю) со следующим за ним номером. В следующей строке помещается название таблицы с прописной буквы (не более 3-х строк), (шрифт – полужирный, TNR, 9 пт, выравнивание – по центру) без заключительной точки. Шрифт заголовков столбцов и строк, содержания таблицы – обычный TNR 9 пунктов. Таблицы нумеруются арабскими цифрами и размещаются после первого упоминания (ссылки на них).

пропуск строки

Заголовок «**Л и т е р а т у р а**» размещается после выводов и набирается строчными буквами (шрифт Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – **полужирный**, разреженный – 2,5 пт, выравнивание – по центру). Список литературных источников выполняется шрифтом Times New Roman; размер – 9 пт; начертание – обычный, в виде нумерованного списка с точкой без скобки.

пропуск строки

Заголовок «**R e f e r e n c e s**» и список литературы, набранный латиницей, помещают через интервал после списка литературы с использованием сайта <http://translit.ru> (шрифт Times New Roman; размер – 9 пт; стиль – **полужирный**, разреженный – 2,5 пт, выравнивание – по центру). Используйте, по возможности, ссылки на переводные версии журналов и книг, а не просто транслитерируйте их.

Внимание! Список использованной литературы в статье, в соответствии с требованиями **РИНЦ**, должен также быть представлен в романском алфавите отдельным элементом статьи под заголовком **References** повторяя список литературы на языке оригинала.

пропуск строки

пропуск строки

Фамилии, инициалы авторов, название статьи (на украинском, если статья на русском или русском, если статья на украинском языках) (Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – **полужирный**, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 0,75 см).

Аннотация на украинском (русском) языках размещаются с новой строки, объемом не менее 500 знаков (не менее 8 строк) (Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – *курсив*, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 0,75 см).

Ключевые слова на украинском (русском) языках (до 7 слов) размещаются с новой строки после аннотации (шрифт Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – *курсив*, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 0,75 см).

пропуск строки

Фамилии, инициалы авторов, название статьи на английском языке (Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – **полужирный**, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 0,75 см).

Аннотация на английском языке объемом не менее 850 знаков (не менее 12 строк) Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – *курсив*, выравнивание – по ширине, абзацный отступ – 0,75 см).

Аннотация должна быть:

- *информативной* (не содержать общих слов);
- *оригинальной* (не быть калькой русскоязычной аннотации);
- *содержательной* (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- *структурированной* (следовать логике описания результатов в статье);
- написана качественным английским языком (не компьютерный перевод);
- компактной (укладываться в объем 850 знаков).

Ключевые слова на английском языке (до 7 слов) размещаются с новой строки (шрифт Times New Roman, размер – 9 пт, начертание – *курсив*, выравнивание - по ширине, абзацный отступ – 0,75 см).

пропуск строки

Сведения об авторах (на русском и английском языках): **ПОЛНОСТЬЮ** фамилия, имя отчество (начертание – полужирный), ученая степень, звание, должность, место работы, адрес электронной почты (шрифт Times New Roman; размер – 9 пт; начертание – обычный, без абзацного отступа).

пропуск строки

Рецензент: указывается фамилия, инициалы, ученая степень, ученое звание рецензента из редколлегии Вестника по данному направлению (шрифт Times New Roman; размер 9 пт; начертание – обычный, без абзацного отступа).

пропуск строки

Статья подана (шрифт Times New Roman; размер 8 пт; начертание – обычный, выравнивание – по правому краю). Дата поступления статьи ставится кафедрой, отвечающей за формирование данного сборника.

1. Статья, текст вместе с рисунками и др. нетекстовыми элементами, должна быть объемом 3...7 полных страниц (до списка литературы) формата А4 (210×297 мм).

**ВЕСТНИК
ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ
№ 2(4) Ч.2 2017**

Научный журнал

Ответственный за выпуск	<i>В.А. Витренко</i>
Редактор	<i>Л.В. Бугокова М.С. Штанько</i>
Оригинал-макет	<i>Е.А. Гриниченко</i>

Подписано к печати 2.07.2017
Формат 70x108 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times
Условных. печатных. стр. 13,71. Обл. печать. стр.14,9.
Тираж 100 экз. Изд. № 0043. Заказ №

**Издательство
Луганского национального университета
имени Владимира Даля**

Свидетельство о регистрации серия МИ-СГР ИД 000003 от 20.11.2015 г.

91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20,а.
Тел.: (050) 285-80-08
E-mail: izdat.lguv.dal@gmail.com
http://www.dahluniver.ru