

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
ФАКУЛЬТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ,
2016**

УДК 621.311 (06)
ББК 31.19
С – 23

Сборник научных трудов факультета энергетики и природопользования –
Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2016. – 126 с.

ISBN 978-5-88517-267-7

В сборнике отражены исследования, проводимые сотрудниками кафедр факультета энергетики и природопользования. Научные труды представлены отдельными статьями, объединенными единой тематикой – повышение энергоэффективности и ресурсосбережение в сельском хозяйстве.

Материалы рассчитаны на студентов, научных и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники.

Редакционный совет:

Капошко Д.А. – декан факультета энергетики и природопользования;

Грунтович Н.В. – зав. кафедрой систем энергообеспечения;

Безик Д.А. – зав. кафедрой электрооборудования и автоматики;

Грунтович Н.В. – профессор кафедры систем энергообеспечения;

Гурьянов Г.В. – профессор кафедры систем энергообеспечения;

Лаптев В.А. – профессор кафедры систем энергообеспечения;

Маркарянц Л.М. – профессор кафедры систем энергообеспечения;

Василенков В.Ф. – профессор кафедры природообустройства и природопользования;

Погоньшев В.А. – профессор кафедры математики, физики и информатики;

Кисель Ю.Е. – профессор кафедры систем энергообеспечения.

ISBN 978-5-88517-267-7

© Коллектив авторов, 2016

© Брянский ГАУ, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

КАПОШКО Д.А., ВОРОНИН А.А., КОВАЛЕВ В.В., ВАСЬКИН А.Н. ОЖЕГОВ Н.М., РУЖЬЕВ В.А., ЦЫПЛАКОВА И.В., КУЗЬМИН О.С., ГРИ- ГОРЬЕВ Н.П. МЕТОДЫ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНО- СТИ ДЕТАЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	5
ПОГОНЬШЕВ В.А., НОВЦЕВ П.А., ЛОГУНОВ В.В. МЕТОДЫ СВАРКИ ТРУДНОСВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	16
БЕЗИК В.А., МАРКАРЯНЦ Л.М., НИКИТИН А.М. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК В МАСТЕРСКИХ АПК.....	21
КРОВОПУСКОВА В.Н. МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ.....	27
ПЕТРАКОВА Н.В. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	30
ЗВЕРЕВА Л.А. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕЗУЛЬТАТА ПРИ ОЧИСТКЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОКОВ.....	36
ПАНОВ М.В., ПАНОВА Т.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГОТОВКИ ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ.....	40
БЕЗИК В.А., МАРКАРЯНЦ Л.М. ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	47
ГРУНТОВИЧ Н.В., ТРЕТЬЯКОВ Б.Б. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАСЛОПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.....	56
ГРУНТОВИЧ Н.В., ЖУКОВЕЦ С.Г. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАЗ- ВИТИЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	66

БАШЛЫКОВ В.А., КОВАЛЕВ В.В. ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИК НА ВРАЩАЮЩИЕСЯ МАШИНЫ.....	77
ВАСИЛЕНКОВ В.Ф., ВАСИЛЕНКОВ С.В. МЕТОД РАСЧЁТА ВНУТРИСНЕЖНОГО СТОКА ПРИ ЕГО РЕГУЛИРОВА- НИИ.....	80
ВАСИЛЕНКОВ В.Ф., ДУНАЕВ А.И. ИЗМЕНЕНИЕ ПРИТОКА К ВОДОЗАБОРАМ ПРИ РАЗНОЙ ВОЗДУХОПРО- НИЦАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОСБОРА.....	83
ВАСЬКИН А.Н. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛИЧНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	87
ВАСЬКИН А.Н. СВЕТ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕ- РАСТЕ- НИЙ.....	90
КИСЕЛЬ Ю.Е., ТОМЛЕЕВА С.В., ОБОЗОВ А.А. О СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕ- СКОКОМ.....	95
ШИРОБОКОВА О.Е ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ УЛУЧШЕНИИ КО- ЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ.....	99
ГУРЬЯНОВ Г.В., КИСЕЛЬ Ю.Е., ИВАШКИН Ю.А., ОБОЗОВ А.А., ЛЫСЕНКО А.Н. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМПОЗИЦИ- ОННЫМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ.....	103
ГУРЬЯНОВ Г.В., ЮДИНА Е.М. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВОДА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	112
ВЕРЕЗУБОВА Н.А ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ПОВЫШАЮЩИЙ ФАКТОР КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ БАКАЛАВРОВ ВУЗА.....	116
СПИСОК ОРГАНИЗАЦИЙ.....	123
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ.....	124

МЕТОДЫ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

*КАПОШКО Д.А., ВОРОНИН А.А., КОВАЛЕВ В.В., ВАСЬКИН А.Н.
ОЖЕГОВ Н.М., РУЖЬЕВ В.А., ЦЫПЛАКОВА И.В., КУЗЬМИН О.С.,
ГРИГОРЬЕВ Н.П.*

Аннотация: Обоснованы технологические критерии изменения абразивных свойств почвы и снижения скорости изнашивания рабочих органов почвообрабатывающих машин путем увеличения интенсивности рыхления приповерхностного контактного слоя почвы в области наибольшей интенсивности трения на основе энергоэффективных технологий нанесения покрытий твердыми сплавами с учетом экологических и агротехнических требований к оборудованию для основной обработки почвы.

Ключевые слова: Абразивное изнашивание, свойства почвы, ресурсосберегающие технологии, износостойкие покрытия.

BY WELDING WEAR-RESISTANT COATINGS ON THE SURFACES OF MACHINES FOR SOIL CULTIVATION

*KAPOSHKO D.A., VORONIN A.A., KOVALEV V.V., VASKIN A.N.,
OZHEGOV N.M., RUZHEV V.A., TSYPLAKOVA I.V., KUZMIN O.S.,
GREGORY N.P.*

Abstract: A sound technological change criteria of the abrasive properties of the soil and reduce the rate of wear of working organs of tillers by increasing the intensity of the loosening of the surface of the contact layer of the soil in the area of the greatest intensity of friction on the basis of energy efficient technology for coating hard alloys, taking into account environmental and agro-technical requirements for equipment for primary tillage.

Keywords: abrasive wear properties of the soil, saving technologies, wear-resistant coating.

Экологические и агротехнические требования к техническим средствам механизации земледелия постоянно возрастают и совершенствуются, особенно в области показателей, определяющих вредное воздействие на почву, в том числе на пределы допустимого загрязнения почвы металлом из-за ускоренного износа рабочих органов и попадания в почву продуктов износа.

Согласно нормативным документам Минсельхоза России общий процент истирания металла рабочих органов и попадания продуктов износа в почву за срок амортизации не должен превышать 10% от первоначальной их массы [1]. Поэтому использование при производстве сельхозтехники материалов повышенной износостойкости и новых, более эффективных технологий упрочнения рабочих органов при их изготовлении весьма актуально и направлено на вы-

пуск деталей и оборудования повышенного ресурса: лапы культиваторов, диски борон, лемеха, долота, отвалы, полевые доски и другие.

В процессе эксплуатации почвообрабатывающих машин и агрегатов рабочие поверхности подвергаются неравномерному изнашиванию, что снижает ресурс деталей и увеличивает затраты на их замену и обновление.

Многочисленные испытания серийных рабочих органов лемешных плугов показывают, что средняя наработка на отказ долотообразных лемехов П-702 (ПНЧС) в зависимости от видов почв и их физического состояния колеблется от 5 до 20 га, грудей отвалов – от 10 до 100 га, крыльев отвала – от 40 до 270 га, полевых досок – от 20 до 60 га. Ограниченный ресурс имеют рабочие органы и других почвообрабатывающих машин: диски лушительников и дисковых борон от 8 до 20 га, лапы культиваторов – от 7 до 18 га. [2-6]

При этом наибольшая интенсивность износа лемехов по массе на песчаных почвах с каменистыми включениями составляет 260 – 450 г/га, а на песчаных и супесчаных почвах без каменистых включений снижается до 100 – 260 г/га, что свидетельствует об увеличенной потере массы металла этих деталей за время эксплуатации.

Интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей зависит от механического состава почвы, ее плотности, материала и твердости поверхности трения, удельного давления почвы и скорости перемещения частиц.

Ускоренное изнашивание рабочих поверхностей деталей почвообрабатывающих машин в зоне наибольших удельных давлений снижает качество обработки почвы, увеличивает тяговое сопротивление агрегата и расход топлива. Например, независимо от глубины вспашки давление почвы на поверхность носка лемеха во много раз превышает среднее давление на лемех, что ускоряет изнашивание носка лемеха.

Износ полевой доски по ширине изменяет площадь боковой опоры и угол наклона подошвы к стенке борозды, чем нарушает устойчивость плуга и снижает качество вспашки.

Разрушение поверхностных слоев деталей при обработке почвы в результате трения твердых минеральных частиц согласуется с общими закономерностями теории абразивного изнашивания, разработанной в трудах И. В. Крагельского, П. Н. Львова, В. И. Костецкого, М. М. Хрущева, М. А. Бабичева и других, в которых увеличение износостойкости рабочих поверхностей деталей обосновывается необходимостью повышения микротвердости трущейся поверхности путем применения специальных сталей или покрытий, повышающих сопротивление изнашиванию трущихся поверхностей.

В связи с этим наука о трении и изнашивании [3-8] изучает структурные, связанные с процессом трения в поверхностных слоях твердых тел, сопровождающиеся многократной деформацией. Из-за несовершенства структуры материала это приводит к выкрашиванию поверхностей трения, что разрыхляет тонкий поверхностный слой.

С развитием теории несовершенств кристаллического строения металлов и сплавов многие явления внешнего трения объясняют с позиции теории дислокаций. Физико-механические свойства и триботехнические характеристики материалов связывают с дефектами кристаллического строения.

Зависимость силы F и коэффициента трения f от плотности дислокаций кристаллических тел определяют следующими соотношениями:

$$F = 6,28(1 - \nu)N \frac{\sigma_T}{G} \sqrt{\frac{p_1}{p}} \sin\alpha; \quad (1)$$

$$f = 6,28(1 - \nu)N \frac{\sigma_T}{G} \sqrt{\frac{p_1}{p}} \sin\alpha, \quad (2)$$

где N – нормальная нагрузка; σ_T – предел текучести; p_1 – плотность дислокаций при трении; ν – коэффициент Пуассона; G – модуль сдвига; p – исходная плотность дислокаций; $\sin\alpha$ – ориентационный фактор, учитывающий направление плоскостей скольжения, по которым происходит движение.

Отношение $\frac{p_1}{p}$ характеризует степень пластической деформации поверхностного слоя с учетом конечной и исходной плотностей дислокаций.

При этом в зоне контактного взаимодействия коэффициент трения пропорционален пластической деформации, сила и коэффициент трения, а также величина упруго-пластических деформаций находятся в строгой зависимости от ориентации кристаллографических плоскостей и направления трения.

Наиболее значимые практические решения получены на основе совместности пар трения и применяемых материалов, как способность приспосабливаться друг к другу в процессе относительного перемещения, снижая износ поверхностей трения.

Изменение структуры металла при пластической деформации трением связывают с интенсивностью износа в виде зависимости:

$$I = f(A, E, F_\beta), \quad (3)$$

где I – интенсивность износа; A – работа трения; E – модуль упругости материала; F_β – характеристика блоков мозаики и микронапряжений.

Применение этих соотношений для практических расчетов затруднено из-за сложности и неточности определения плотности дислокации, что вызвано упрощением данной модели. Однако эти соотношения позволяют интерпретировать основные характеристики трения и изнашивания рабочих поверхностей в дислокационных терминах.

Основное уравнение для расчета износа при множественном контакте по методу И. В. Крагельского [4] имеет вид:

$$I = k_1 \alpha \sqrt{h/R} \frac{p \alpha}{p_r} \frac{1}{n}, \quad (4)$$

где $k_1 \cong 0,2$ – коэффициент, зависящий от расположения единичных микронеровностей по высоте; $\alpha = \frac{A_\alpha}{A_r}$ – коэффициент перекрытия; p_α – номинальное давление на площади A_α ; p_r – фактическое давление на площади A_r ; h – глубина внедрения единичной неровности, мм; R – радиус единичной микронеровности, мм; h/R – относительная глубина внедрения единичной неровности; n – число циклов деформации до разрушения путем отделения частицы материала.

Данное уравнение учитывает, что контактирование при трении осуществляется по поверхностям, шероховатость которых определяется кривой опорной поверхности упруго-деформируемого тела.

Внешнее механическое воздействие при трении поверхности неизбежно приводит к разрушению слоя вторичной структуры, которая зависит от предела прочности материала и степени его пластической деформации трением, вызывающей поверхностный наклеп. Неровности поверхности способствуют зарождению микротрещин, которые снижают прочностные свойства материала в условиях вязкого разрушения.

Исследования в области снижения трения и повышения ресурса деталей путем реализации эффекта избирательного переноса, открытого И. В. Крагельским и Д. А. Гаркуновым, связаны с образованием на поверхности трения рыхлого слоя, создающего благоприятные условия для сдвиговых деформаций в тонких поверхностных слоях, например, путем применения специальных смазок, которые приводят к режиму избирательного переноса на уровне электрохимических процессов.

Абразивное изнашивание относится к наиболее интенсивному виду разрушения рабочих поверхностей деталей почвообрабатывающих машин в результате давления твердых частиц с высокой относительной скоростью [11-15].

Поверхности трения покрываются царапинами, расположенными в направлении движения абразивных частиц приповерхностного контактного слоя почвы (рис. 1).



Рис. 1. Траектории направленного перемещения абразивных частиц на поверхности трения отвала корпуса плуга

Общим для абразивного изнашивания является механический характер разрушения материала рабочей поверхности с последовательным формированием вторичных структур.

Величину абразивного изнашивания материала в почвенной массе под действием нормального и сдвигающего усилия, выражают функцией [5] следующих переменных:

$$\Delta G = f(P, L, S, m, H), \quad (5)$$

где P – давление почвы, Па; L – путь трения, м; S – площадь трения, м²; m – показатель изнашивающей способности почвы; H – твердость материала, (Н μ).

На процесс взаимодействия абразивных частиц в контактном слое почвы влияют силы фиксации, определяющие степень закрепленности абразивных частиц и механические свойства материала, на который эта частица действует.

Силу фиксации частиц определяют как разность между суммарной силой внутреннего трения контактируемых частиц в почвенной массе и силой их внешнего трения о металлическую поверхность:

$$\Delta F = z \cdot p \cdot f_1 \left(\frac{f}{f_1} - \tau \right), \quad (6)$$

где z – количество частиц, взаимодействующих с контактируемой поверхностью; f_1 – коэффициент внутреннего трения между частицами почвы; f – коэффициент трения частиц о металлическую поверхность детали; τ – постоянная величина, зависящая от числа контактов; p – удельное давление (кгс/см²).

Поэтому степень взаимодействия абразивных частиц почвы с поверхностью трения детали в значительной мере зависит от соотношения суммарных сил трения между частицами и сил трения частиц о металлическую поверхность. Чем больше разность между ними, тем больше степень фиксации абразивных частиц.

В условиях равенства коэффициентов трения на фиксирование абразивных частиц почвы расходуется 29% общей силы трения. Коэффициент трения между частицами более связных почв, как правило, превышает коэффициент трения частиц о металлическую поверхность, поэтому силы фиксации будут выше, чем при равенстве коэффициентов. Коэффициент трения почвы с поверхностью детали для различных почв может изменяться от 0,29 до 0,9.

Определение качественной стороны взаимодействия частиц между собой и поверхностью металла используют при проектировании почвообрабатывающих машин повышенной долговечности.

Известно, что для повышения износостойкости поверхностей трения, имеющих форму клина, создают зоны деформационного скольжения почвы с по-

вышенным давлением, которые располагают в области наибольшей интенсивности трения [5].

Анализ процессов изнашивания рабочих поверхностей почвообрабатывающих машин показывает, что из всего многообразия факторов наибольшее влияние на снижение ресурса деталей оказывает механический состав и связность почвы, определяющие её абразивные свойства и плотность приповерхностного слоя почвы в зоне контактного взаимодействия. Поэтому решение проблемы повышения износостойкости рабочих органов связаны с изучением и поиском закономерностей процессов в зоне контактного взаимодействия рабочих поверхностей с уплотненной почвой.

Разработка новых, более эффективных технологий нанесения твердых сплавов на закаленные поверхности деталей почвообрабатывающих машин в наших исследованиях базируется на снижении технологических затрат и термического влияния на основной металл, обеспечивающих повышение износостойкости деталей за счет рыхления приповерхностного контактного слоя почвы в процессе ее обработки.

Учитывая, что главной причиной ускоренного изнашивания поверхностей трения почвообрабатывающих машин является многократное пластическое деформирование под действием твердых абразивных частиц, в направлении перемещения с образованием и разрушением вторичных структур, перспективным развитием в технологии нанесения износостойкого присадочного материала на рабочую поверхность деталей в зонах наибольшей интенсивности трения является прерывистое нанесение отдельных прямолинейных или дугообразных валиков (рис. 2, рис. 3) различной длины, ширина которых меньше расстояния между ними [6-8].

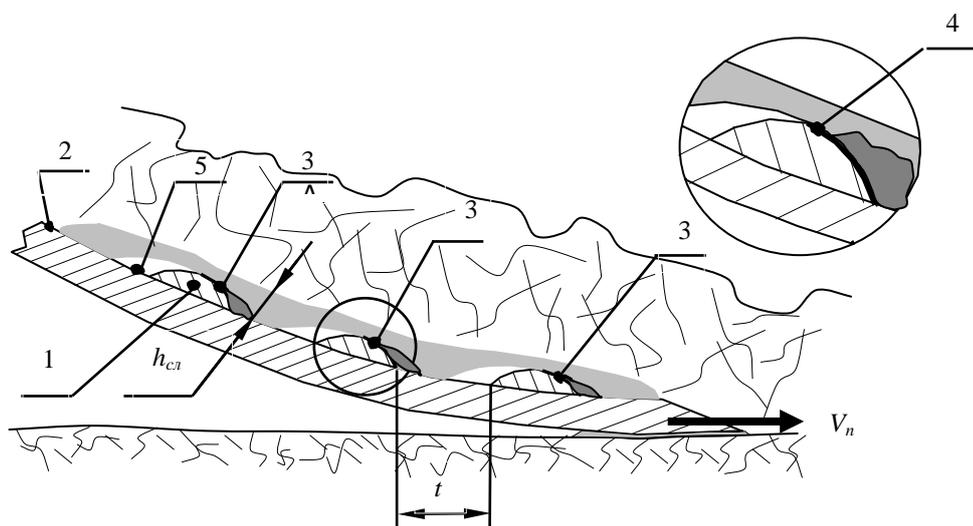


Рис. 2. Схема взаимодействия контактного слоя почвы с рабочей поверхностью детали: V_n – скорость перемещения детали; h_{cl} – толщина контактного слоя почвы; t – шаг направки износостойкого материала; 1 – поперечное сечение наплавленного слоя; 2 – поверхность основного металла; 3 – область торможения и смятия контактного слоя почвы; 4 – переходная зона резания и скалывания частиц; 5 – зона застоя почвы на основном металле

Прерывистое расположение износостойкого материала способствует формированию ударной силы, что приводит к скалыванию частиц и снижению плотности контактного слоя почвы. При этом скорость изнашивания детали снижается в 2 – 3 раза, а расход износостойкого материала уменьшается на порядок. Самозатачивание режущей поверхности основного металла с образованием волнисто-ступенчатого лезвия снижает тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин и уменьшает расход топлива.

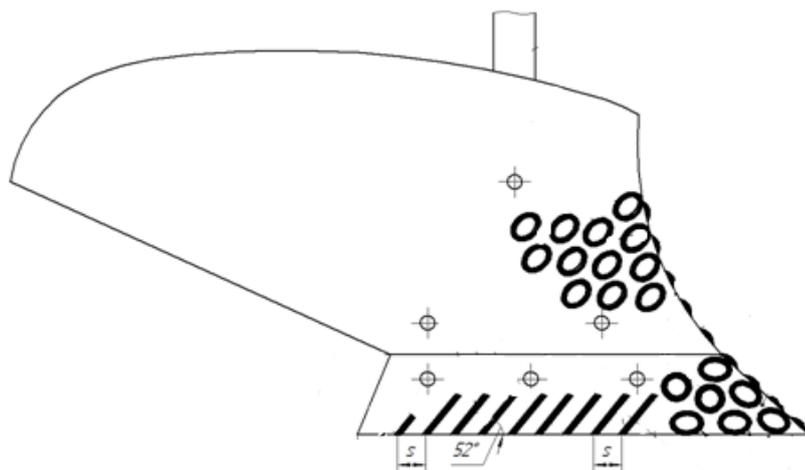


Рис. 3. Расположение прямолинейных и кольцевых валиков твердого сплава в зонах наибольшей интенсивности трения лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга с уплотненной почвой [7,8]

Неоднородность взаимодействия почвы с поверхностью выступов наплавленного слоя и основным металлом обуславливает формирование в контактном слое почвы сжимающих и растягивающих напряжений, изменяющих степень закреплённости абразивных частиц. Высокая скорость деформации почвы при взаимодействии с поверхностью наплавленного слоя в области торможения и смятия контактного слоя почвы способствует перераспределению суммарных сил трения между частицами почвы и металлической поверхностью.

Торможение и смятие почвы передней кромкой износостойкого материала повышает интенсивность зарождения и развития трещин, увеличивает скорость деформации приповерхностного контактного слоя почвы с резанием и скалыванием абразивных частиц в направлении перемещения.

С тыльной стороны поверхности наплавленного слоя образуются зоны застоя почвы (рис. 4), в которых скорость частиц уменьшается до нуля, а трение абразивных частиц происходит с поверхностью застойной почвы. За зонами застоя частицы контактного слоя почвы в рыхлом состоянии совершают смешанное относительное перемещение, включая скольжение, вращение и перекатывание абразивных частиц, что снижает трение абразивных частиц почвы с основным металлом рабочей поверхности.



Рис. 4. Формирование застойных зон контактного слоя почвы при трении с поверхностью износостойкого присадочного материала

При этом важнейшим технологическим фактором, способствующим снижению плотности контактного слоя почвы путем его рыхления, является образование прямого динамического удара, возникающего в результате взаимодействия с прерывистой поверхностью наплавленного слоя в направлении перемещения, что создает новые возможности в совершенствовании технологий упрочнения рабочих поверхностей деталей почвообрабатывающих машин в зоне наибольшей интенсивности трения.

Результаты сравнительных испытаний с определением тягового сопротивления трехкорпусного плуга ПЛН-3-35 и трактора МТЗ-82 с устройством для динамометрирования навесных плугов (рис. 5) при скорости движения пахотного агрегата 8 км/час на участке опытного поля длиной 100 м представлены на рис. 6 и рис. 7. Глубина обработки суглинистой почвы с абсолютной влажностью 24 % составляла 18 см.

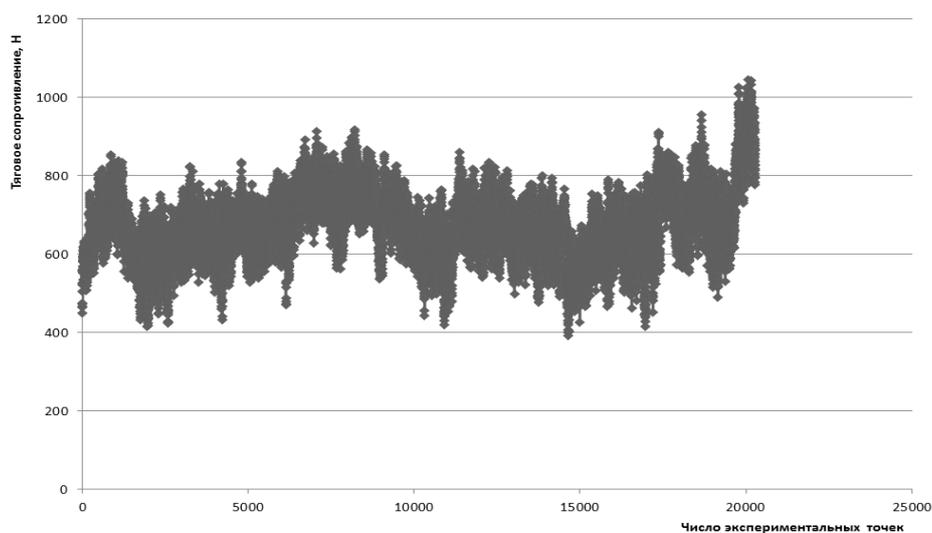


Рис. 5. Устройство для динамометрирования навесного плуга ПЛН-3-35 [9]

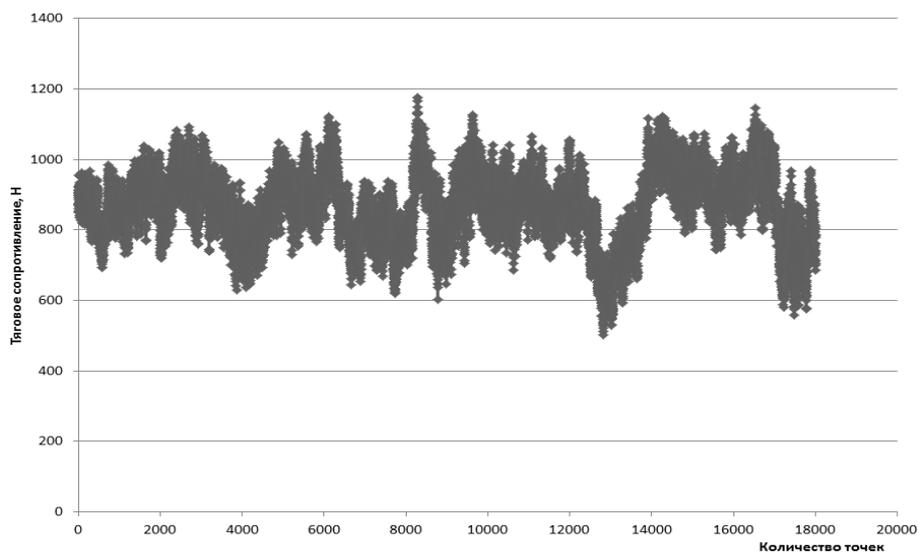
Учитывая, что при взаимодействии рыхлого слоя почвы с основным металлом закаленной поверхности между соседними валиками с кратковременным повышением давления в зоне смятия и скалывания контактного слоя почвы снижается степень механического воздействия абразивных частиц на основной и наплавленный металл, тяговое сопротивление не увеличивается.

Скорость изнашивания наплавленных лемехов по сравнению с технологией завода-изготовителя снижается в 2-3 раза.

Технология может быть рекомендована для повышения ресурса сменных деталей рабочих органов машин в условиях серийного производства, включая импортную технику.



а)



б)

Рис. 6. Изменение горизонтальной составляющей тягового сопротивления навесного плуга при испытании лемехов РЗЗ ПЛЖ 31 702: а – лемеха, наплавленные поперечными валиками; б – лемеха в состоянии поставки с наплавкой тыльной стороны по технологии РЗЗ

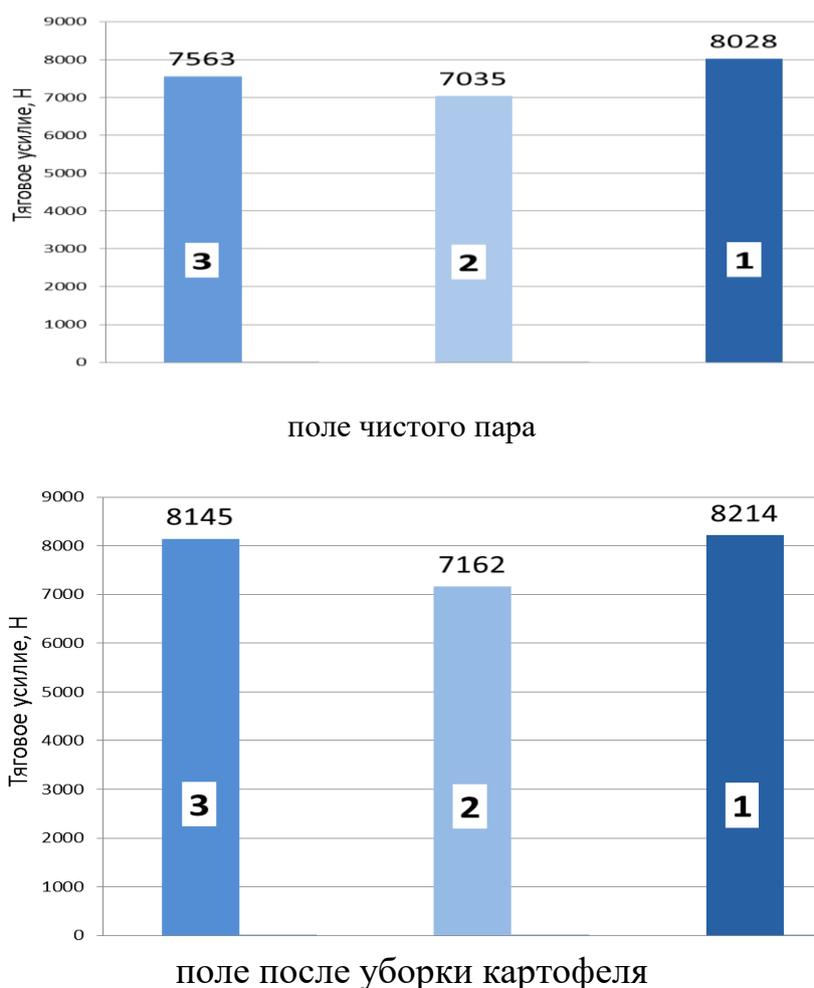


Рис. 7. Средние значения тягового сопротивления навесного плуга ПЛН-3-35 при обработке суглинистой почвы: 1 – лемеха в состоянии поставки с наплавкой тыльной стороны по технологии РЗЗ; 2 – лемеха с наплавкой лицевой поверхности поперечными валиками; 3 – лемеха с наплавкой лицевой поверхности кольцевыми валиками

Литература

1. Кряжков В. М., Сизов О. А. Перспективные пути повышения качества изготовления сельхозмашин, выпускаемых региональным машиностроением, и соответствие их возросшим экологическим требованиям // Экология и сельскохозяйственные технологии: Агроинженерные решения: Т. 1 [Общие экологические аспекты при разработке технологии и технических средств, используемых в сельскохозяйственном производстве]. Материалы 7-ой Международной научно-практической конференции. СПб, 2011. С. 67-69.
2. Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. Монография. ФГБОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина. М, 2013. 112 с.
3. Рыбакова Л. М., Куксенкова Л. И. Металловедение в науке о трении и изнашивании // МИТОМ. 1985. №5, С. 16-23.

4. Орлов Б. Н., Евграфов В. А. Оценка интенсивности изнашивания рабочих органов почвообрабатывающих машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №4. С. 14-16.

5. Севернев М. М., Подлекарев Н. Н., Сохадзе В. Ш., Китиков В. О. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин. / Под ред. М. М. Севернева – Минск: Беларус. навука, 2011.

6. Патент РФ 2414337, МПК В23К 9/04, В23К 6/00. Способ получения износостойкой рабочей поверхности деталей почвообрабатывающих машин. / Н. М. Ожегов, Д. А. Капошко, С. И. Будко.

7. Патент РФ на полезную модель № 2319592. МПК А01В 15/06. Корпус плуга. Авторы Ожегов Н. М., Капошко Д. А., Цыплакова И. В. Зимин С. А.

8. Ожегов Н. М., Капошко Д. А., Будко С. И. Методы снижения изнашивающей способности почвы при трении деталей почвообрабатывающих машин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2009. № 13. С. 132-133.

9. Старовойтов С. И., Блохин В. Н., Чемисов Н. Н., Дунин М. Е. Особенности конструкций для динамометрирования навесных плугов // Сборник научных работ Международной научно-технической конференции Брянской сельскохозяйственной академии «Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения». Брянск. 2013. С. 154-158.

10. Опыт организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в крупных агрохолдингах Брянской области / В. Е. Ториков, Е. П. Чирков, Н. А. Соколов и др.; под редакцией Н. М. Белоуса. Брянск: Изд-во БГСХА, 2014. 183 с.

11. Белоус, Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

12. Драганская М. Г., Белоус Н. М., Бельченко С. А. Прогнозирование повышения плодородия почв легкого гранулометрического состава // Состояние и перспективы агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями: материалы Международной научно-методической конференции учреждений-участников Геосети России и стран СНГ (10-11 июня 2010 г.) / под редакцией В. Г. Минеева, В. Г. Сычёва. М.: ВНИИА, 2010. С. 82-85.

13. Михальченков А. М., Лялякин В. П., Михальченкова М. А. Методология проведения ускоренных сравнительных испытаний на абразивное изнашивание материалов с различным составом, строением и свойствами. Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 91-96.

14. Безик Д. А., Гурьянов Г. В., Юдина Е. М. Электрические явления при обработке почвы. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 52. С. 177-181.

15. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е. Антифрикционные и износостойкие электрхимические покрытия. Брянск: Издательство БГИТА, 2006. 121 с.

МЕТОДЫ СВАРКИ ТРУДНОСВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

ПОГОНЫШЕВ В.А., НОВЦЕВ П.А., ЛОГУНОВ В.В.

Аннотация: Применение сварки, пайки, сварки-пайки, наплавки позволяют увеличить срок службы агрегатов без их замены, а так же произвести модернизацию узлов и агрегатов на основе энергоэффективных технологий нанесения покрытий твердыми сплавами с учетом экологических и агротехнических требований к оборудованию.

Ключевые слова: сварка, сварки-пайки, наплавка, лужение, пайка, ресурс, износ.

METHODS OF DIFFICULT WELDING PARTS

POGONICHEV V.A., NIZOVITSEV P.A., LOGUNOV V.V.

Abstract: The application of welding, soldering, welding, brazing, welding pozvlyayut extend the life of their units without replacement, as well as modernize components and assemblies based on energy-efficient technology for coating hard alloys, taking into account environmental and agro-technical requirements for equipment.

Keywords: welding, brazing, welding, tinning, soldering, resource deterioration.

Необходимость проведения сварочно-ремонтных работ сельскохозяйственной техники обуславливается тяжёлыми условиями работ машин, тракторов и другого оборудования по причине повышенной запылённости и высоких нагрузок, а также многих других обстоятельств, связанных со спецификой сельского хозяйства.

В связи с этим наиболее проблемные ситуации возникают в рабочих органах, контактирующих с землёй, что приводит к интенсивному износу и поломки их. Частые проблемы связанные с загрязнением и повреждением радиаторов останавливают работу техники. Не редки случаи, которые ставят сельскохозяйственных товаропроизводителей в тупик связаны с необходимостью сварки трудносвариваемых деталей из чугуна, алюминия, меди и высокоуглеродистых сталей.

Для ремонта и восстановления выше указанных деталей машин и оборудования используем сварочный аппарат УДГУ 350сэ Московского завода «Спецэлектрод» (рис. 1), способный варить на постоянном и переменном токе, как в среде аргона тугоплавким электродом, так и обычным электродом любой марки все указанные металлы и сплавы.



Рис. 1. Сварочный аппарат УДГУ 350сэ

На примере шнека (рис. 2) из нержавеющей стали, который разрушился в процессе эксплуатации, продемонстрируем ремонт узла при помощи сварки в среде защитного газа (аргона) и присадки по нержавеющей стали.



Рис. 2. Шнек в разрушенном виде



Рис. 3. Шнек после ремонта

На фотографии (рис. 3) виден результат ремонта узла с помощью аргонодуговой сварки на постоянном токе с использованием тугоплавкового вольфрамового электрода по нержавеющей стали. В зависимости от марки свариваемых металлов и сплавов подбираем соответствующий электрод и присадку к нему. Наиболее сложной является сварка чугунных изделий. Мы предпочитаем использовать сварку чугуна на холодную, без использования термообработки, т. к. в условиях сельского хозяйства это не приемлемо и не выгодно. Наш способ предусматривает сварку чугуна никелевым электродом при постоянном токе обратной полярности. При этом сварка производится короткими валиками 15-20 мм с последующим остыванием в воздушной среде без резкого охлаждения с обязательной проковкой шва сварочным молотком.

Для ремонта и чистки радиаторов используем газовую горелку (кислород-пропан), паяльный молоток, припой ПОС-30, концентрированную ортофосфорную или соляную кислоту. При прочистке радиаторов снимаем верхний бачок его и используем специальный шуп для прочистки загрязнённых сот, после чего запаеваем верхний бачок при помощи газовой горелки, припоя и кислоты. Затем проверяем радиатор в ванне с водой под воздушным давлением 0,5 атм. на герметичность.

В случаях повреждения латунных радиаторов (при размораживании, механических воздействиях и перегреве) используется тот же метод пайки, что и при чистке их. Радиаторы импортного производства изготавливаются из сплавов алюминия с запрессованными пластиковыми бачками. Ремонт таких радиаторов сложнее и так же производится в нашей специализированной мастерской (рис. 4).



Рис. 4. Радиатор (интеркулер) импортного производства после ремонта

Высокая электро- и теплопроводность алюминия, очень малый вес в сочетании с отличными механическими свойствами его сплавов, сделали этот материал просто незаменимым во многих сферах человеческой деятельности. Как бы в компенсацию своим достоинствам "крылатый" металл очень трудно сваривается. Умение качественно варить алюминий – это то, что отличает сварщика высокой квалификации от сварщика-любителя.

Как уже отмечалось, алюминий относится к трудно свариваемым металлам. Эта особенность обуславливается целым рядом его свойств:

На поверхности деталей из алюминия и его сплавов всегда присутствует окисная пленка Al_2O_3 , имеющая температуру плавления $2044^{\circ}C$, в то время как температура плавления самого алюминия составляет около $660^{\circ}C$.

Легкая окисляемость алюминия приводит к образованию тугоплавкой пленки на каплях расплавленного металла, препятствующей их сплавлению в монолитный шов. Чтобы не допустить образования этой пленки, требуется надежная защита зоны сварки от воздуха, обеспечить которую в полной мере позволяет сварка алюминия с аргоном. Рассмотрим это на примере кронштейна крепления ролика натяжителя ремня привода аксессуаров двигателей внутреннего сгорания (автомобиля «Тойота», рис. 5)



Рис. 5. Кронштейн крепления ролика натяжителя ремня: слева – до ремонта, справа – после ремонта

Большая жидкотекучесть металла затрудняет управление сварочной ванной и диктует необходимость применения теплоотводящих подкладок при сварке.

Склонность к образованию кристаллизационных трещин и пор в шве приводит к ослаблению последнего. За поры ответственен растворенный в алюминии водород, стремящийся выйти из металла наружу. Трещины больше характерны для сплавов алюминия, они возникают при охлаждении металла из-за повышенного содержания кремния.

Большая усадка металла, обусловленная высоким коэффициентом линейного расширения, приводит при затвердевании сварного шва к значительным деформациям.

Высокая теплопроводность алюминия вызывает необходимость применения сварочного тока, превосходящего в 1,2-1,5 раза ток для сталей, – несмотря на то, что температура плавления последних значительно выше, чем у алюминия.

К дополнительным трудностям сваривания алюминия следует отнести и то, что на практике – особенно при сварке алюминия в обычных условиях – приходится иметь дело с различными сплавами неизвестной марки, которые для качественного сваривания могут требовать особых материалов и режимов сварки (рис. 6)



Рис. 6. Кондиционер высокого давления (20 атм.): слева – до ремонта, справа – после ремонта

Аналогичным ремонтам подвергаются многие другие узлы и агрегаты, например, блоки цилиндров (чугун, алюминий), головки блоков цилиндров (алюминий), поддоны двигателей (алюминий, сталь), топливные баки (алюминий, сталь), ножи фрез (высокоуглеродистая сталь), трубы высокого и низкого давления (медь, латунь, алюминий, сталь) и т.д.

На сельскохозяйственных предприятиях перечисленные сварочно-ремонтные работы имеют первостепенное значение по известным причинам. Опыт показывает, что восстановленные детали при соблюдении технологии ремонта имеют ресурс 80% от новых, при стоимости ремонта 25-30% от стоимости новых деталей [6-9].

Литература

1. Погоньшев В. А. Исследование триботехнических характеристик металлических покрытий, нанесённых наплавкой, электродуговым и плазменным напылением / В. А. Погоньшев, П. Д. Нетягов, Е. Н. Самсонович, Г. Д. Анцифров // Трение и износ. 1989. Т. 10, № 5. С. 909 – 912.

2. Погоньшев В. А. Исследование триботехнических характеристик напыленных антифрикционных покрытий / В. А. Погоньшев, Е. Н. Самсонович, Л. Д. Кузнецов, В. А. Матанцева // Трение и износ. 1993. Т. 1, № 5. С. 953-956.

3. Погоньшев В. А. Исследование фреттингостойкости плёнок пластичных металлов / В. А. Погоньшев, В. А. Ермичев, В. С. Харченков, Н. А. Романеев, В. И. Лемешко // Трение и износ. 1998. Т. 19, № 3. С. 398 – 401.

4. Погоньшев В. А. Повышение износо- и фреттингостойкости деталей машин модифицированием поверхностей: дис..на соискание уч. степ. д-ра т.н. / В. А. Погоньшев: Брянск, 2000. – 269 с.

5. Погоньшев В. А. Технологические способы повышения износостойкости поверхностей трения вследствие улучшения их демпфирующих свойств / В. А. Погоньшев, Н. А. Романеев // Упрочняющие технологии и покрытия, 2006, – № 1, С. 26 – 28.

6. Погоньшев В.А. Триботехника в сельском хозяйстве / В. А. Погоньшев, Н. А. Романеев, М. В. Панов. – Брянск: Издательство БГСХА. 2010. 480 с.

7. Способ гашения колебаний: патент RU № 2126916. / В. А. Погоньшев, В. С. Харченков, В. А. Матанцева, Н. А. Романеев, А. Г. Хохлов. Оpubл. в Б.И. 1999, № 6. БГСХА, БГТУ. заявка № 96110840; заявл.31.05.96.

8. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия. Брянск: Издательство БГИТА, 2006. 121 с.

9. Белоус, Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК В МАСТЕРСКИХ АПК

БЕЗИК В.А., МАРКАРЯНЦ Л.М., НИКИТИН А.М.

Аннотация: Важную роль играет микроклимат помещений для людей, работающих в ремонтных мастерских. Неудовлетворительный микроклимат может явиться следствием возникновения различных болезней, и даже гибели людей. Наиболее плохой микроклимат наблюдается в помещениях, где проводят электросварочные процессы. Сварочное производство является вредным для организма человека. Из проведенного анализа следуют, что система микроклимата должна анализировать концентрацию взвешенных частиц, температуру, газовый состав среды в рабочей зоне. Целью предлагаемой системы вентиляции является снижение концентрации вредных веществ в рабочей зоне и повышение точности работы автоматизированной системы управления установкой. Предлагаемая автоматизированная система основана на регистрации светового излучения при появлении электрической дуги во время сварочных работ и включении вытяжного вентилятора на определенное время, что позволяет ускорить выведение вредных веществ из рабочей зоны за счет более быстрого включения вытяжной вентиляции; в дальнейшем параметры микроклимата поддерживаются с помощью датчика концентрации вредных веществ и датчика температуры. Схема системы вентиляции обеспечивается более качественное удаление вредных веществ из рабочей зоны.

Ключевые слова: Микроклимат, ремонтные мастерские, электросварка, вентиляция, автоматизированная система управления, электрическая дуга, датчик, температура.

INCREASE OF EFFICIENCY OF VENTILATING INSTALLATIONS IN MASTERFUL AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEXES

BEZIQ V.A., MARKARYANTS L.M., NIKITIN A.M.

Abstract: The premises environment for people working in the repair workshops is of high importance. Unfavourable microclimate may result in various diseases and even death of the people. The worst climate is in the premises where welding is made. Welding is unhealthy for a human being. From the made analysis it follows that the microclimate system must analyze the concentration of suspended particles, temperature, and gas composition of the environment in the working zone. The purpose of the proposed ventilation system is to reduce the concentration of harmful substances in the working zone and to increase the operating accuracy of the automated control system of the installation. The automated system is based on the detection of

light radiation when electric arc appears at welding and switching-on of the exhaust fan for a certain time. It helps hasten removing of harmful substances from the working zone thanks to the quicker activation of the exhaust ventilation. Further on, the microclimate parameters are being supported by the sensors of harmful substances concentration and temperature. The scheme of the ventilation system ensures better removal of the harmful substances from the working zone.

Keywords: microclimate, repair workshops, ventilation, automated control system, electric arc, sensor, temperature.

Среди множества факторов, формирующих здоровье населения, большую роль играют условия труда. Исследования Всемирной организации здравоохранения и Международной организации труда свидетельствуют об определяющем влиянии условий труда на состояние здоровья работающего населения и продолжительность жизни человека.

Важную роль играет микроклимат помещений для людей, работающих в ремонтных мастерских. Гигиеническое нормирование производственного микроклимата предусматривает систему стандартов безопасности труда и распространяется на рабочую зону, под которой понимается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих. За сутки человек потребляет 15 кг воздуха. Неудовлетворительный микроклимат может явиться следствием возникновения различных болезней, и даже гибели людей [1].

Наиболее плохой микроклимат наблюдается в помещениях, где проводят электросварочные процессы, которые широко используются во многих отраслях производства при сборке различных изделий и конструкций. Сборка изделий производится в многопролетных сборочно-сварочных цехах большого объема или в небольших помещениях. Цеха могут быть размещены как в отдельно стоящих одноэтажных зданиях, так и пролетах блокированных корпусов, где одновременно выполняются и другие операции.

Сварочное производство является вредным для организма человека. Сварочные процессы отличаются интенсивными тепловыделениями (лучистыми и конвективными), пылевыведениями, приводящими к большой запыленности производственных помещений токсичной мелкодисперсной пылью, и газовыведениями, действующими отрицательно на организм работающих [2].

Высокая температура сварочной дуги способствует интенсивному окислению и испарению металла, флюса, легирующих элементов. Окисляясь кислородом воздуха, эти пары образуют мелкодисперсную пыль, а возникающие при сварке и тепловой резке конвективные потоки уносят газы и пыль вверх, приводя к большой запыленности и загазованности производственных помещений. Сварочная пыль – мелкодисперсная, скорость витания ее частиц – не более 0,08 м/с, оседает она незначительно, поэтому распределение ее по высоте помещения в большинстве случаев равномерно, что чрезвычайно затрудняет борьбу с ней.

Процент исследований проб воздуха рабочей зоны с превышением ПДК на пары и газы достигает 17,8%, на пыль и аэрозоли – 22,9%. Процент исследований с превышением ПДК веществ 1 и 2-й группы опасности намного выше паров и газов (69,7%, пыль и аэрозоли 23,8%) [1].

Основными компонентами пыли при сварке и резке сталей являются выделения окислов марганца, вызывающие органические заболевания нервной системы, легких, печени и крови; соединения кремния, вызывающие силикоз; соединения хрома, способные накапливаться в организме, вызывая головные боли, заболевания пищеварительных органов, малокровие; окись титана, вызывающая заболевания легких. Кроме того, на организм неблагоприятно воздействуют соединения алюминия, вольфрама, железа, ванадия, цинка, меди, никеля и других элементов. Поражающее воздействие пыли, в основном, определяется дисперсностью частичек пыли, их формой и твердостью, волокнистостью, удельной поверхностью. Токсичные включения, входящие в состав сварочного аэрозоля, и вредные газы при их попадании в организм человека через дыхательные пути могут оказывать на него неблагоприятное воздействие и вызывать ряд профзаболеваний. Мелкие частицы пыли (от 2 до 5 мкм), проникающие глубоко в дыхательные пути, представляют наибольшую опасность для здоровья, пылинки размером до 10 мкм и более задерживаются в бронхах, также вызывая их заболевания.

Биологические свойства электросварочной пыли полно и хорошо описаны в работе К. В. Мигая [1], в которой анализируются три основных гигиенических показателя вредности пыли: растворимость, задержка при дыхании легочной тканью и фагоцитоз.

Сварочный аэрозоль представляет собой совокупность мельчайших частиц, образовавшихся в результате конденсации паров расплавленного металла, шлака и покрытия электродов. Вредные газообразные вещества, попадая в организм через дыхательные пути и пищеварительный тракт, вызывают иногда тяжелые поражения всего организма. К наиболее вредным газам, выделяющимся при сварке и резке, относятся окислы азота, вызывающие заболевания легких и органов кровообращения; окись углерода накапливаясь в помещении приводит к раздражению дыхательных путей, вызывает потерю сознания, одышку, судороги и поражение нервной системы; озон образуется при сварке в инертных газах, быстро вызывает раздражение глаз, сухость во рту и боли в груди; фтористый водород действует на дыхательные пути и даже в небольших концентрациях, вызывая раздражение слизистых оболочек. При сварке в среде защитных газов тарированными вольфрамовыми электродами в воздух выделяются окислы тория и продукты его распада, которые представляют радиационную опасность.

Другие элементы сварочного аэрозоля, а также так называемые сварочные газы, обладая сильным раздражающим действием, способны вызвать хронический бронхит. Установлено, что многие компоненты сварочного аэрозоля при

длительном воздействии увеличивают риск возникновения сердечнососудистых и онкологических заболеваний, и уменьшают продолжительность жизни.

Помимо аэрозолей и газов неблагоприятное влияние на работающих в сварочных производствах оказывает еще ряд явлений, не устраняющихся с помощью вентиляции, но в совокупности с вредными веществами ухудшающих условия труда. Это – лучистая энергия сварочной дуги, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, вызывающие ожоги открытых частей тела и иногда (особенно летом) перегрев организма; шум, который в сочетании с ультразвуковыми колебаниями вызывает стойкое понижение слуха у работающих.

Необходимо учитывать, что в производственных условиях работники, как правило, подвергаются одновременному воздействию нескольких вредных веществ, в том числе и пыли. При этом их общее воздействие может быть усиленным, ослабленным или „независимым“.

Практика показывает, вытяжная вентиляция в совокупности с комплексом мероприятий технологического и организационного характера позволяет снизить концентрации вредных веществ до предельно допустимых и способствует значительному оздоровлению условий труда работающих в сварочных цехах.

Из проведенного анализа следуют, что система микроклимата должна анализировать концентрацию взвешенных частиц, температуру, газовый состав среды в рабочей зоне.

Целью предлагаемой системы вентиляции является снижение концентрации вредных веществ в рабочей зоне и повышение точности работы автоматизированной системы управления установкой [3-17].

Автоматизированная система основана на регистрации светового излучения при появлении электрической дуги во время сварочных работ и включении вытяжного вентилятора на определенное время, что позволяет ускорить выведение вредных веществ из рабочей зоны за счет более быстрого включения вытяжной вентиляции; в дальнейшем параметры микроклимата поддерживаются с помощью датчика концентрации вредных веществ и датчика температуры. Схема системы вентиляции изображена на рис. 1.

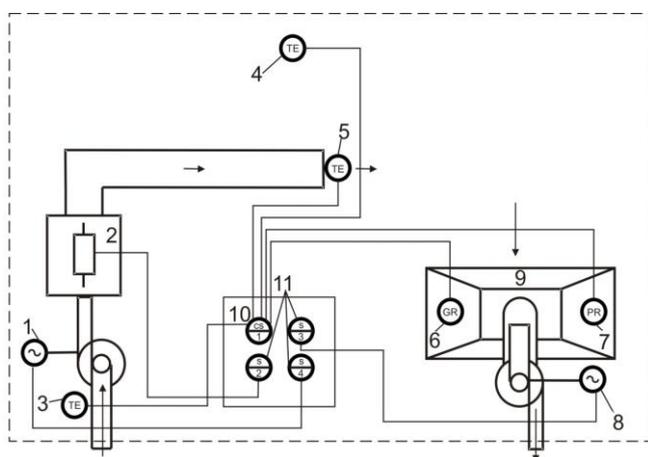


Рис. 1. Функционально-технологическая схема системы вентиляции сварочного цеха

На рис. 1 обозначены: \rightarrow – направление движения воздуха, 1 – электродвигатель приточного вентилятора, 2 – калорифер, 3 – датчик температуры приточного воздуха, 4 – датчик температуры внутри помещения, 5 – датчик температуры приточного воздуха, 6 – фотодатчик, 7 – датчик загазованности, 8 – электродвигатель вытяжной вентиляции, 9 – вытяжной зонт, 10 – устройство управления, 11 – исполнительные механизмы.

Устройство работает следующим образом. В момент возникновения электрической дуги при сварочных работах срабатывает фотодатчик 3, подающий сигнал на устройство автоматического управления 8, которое включает вытяжной вентилятор 6 на определенное время. В процессе сварки происходит превышение концентрации вредных веществ и (или) температуры, срабатывает датчик концентрации вредных веществ 4 и (или) датчик температуры 5, которые подают сигнал на устройство автоматического управления 8, включающее вытяжной вентилятор 6; воздух удаляется через вытяжной зонт 2 по вытяжному воздуховоду 1 и выходит наружу. В дальнейшем параметры микроклимата поддерживаются устройством автоматического управления 8 при помощи датчика концентрации вредных веществ 4 и датчика температуры 5.

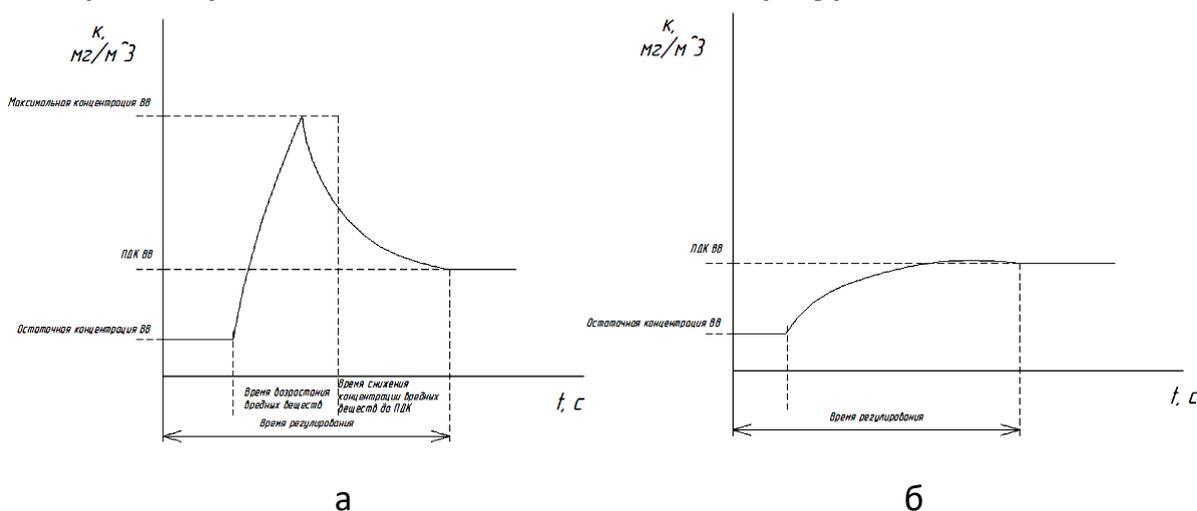


Рис. 2. Изменение концентрации вредных веществ: а) в стандартной системе; б) в предлагаемой системе

Изменение концентрации вредных веществ в области органов дыхания сварщика при использовании замкнутой системы управления микроклиматом при использовании только датчика концентрации вредных веществ показано на рисунке 1а, при использовании дополнительного датчика освещения на рисунке 1б. Как видно из рисунка предложенная система снижает уровень вредных веществ в переходных процессах, путем своевременного включения вытяжной вентиляции.

Режим сварочных работ характеризуется короткими периодами горения дуги. Это приводит к тому, что часто система работает под управлением только одного фотодатчика, без использования датчика концентрации вредных веществ. При неполном удалении газов за период работы из рабочей зоны, они способны распространяться по помещению. Исходя из условия полного удале-

ния вредных веществ, можно определить минимальное время работы вентилятора при срабатывании фотодатчика

$$t_p = \frac{V_{раб}}{Q_v},$$

где $V_{раб}$ – объем рабочего места сварщика до вытяжного зонта,
 Q_v – производительность вентилятора.

Предложенное конструктивное решение позволяет своевременно удалять вредные вещества из рабочей зоны, что в свою очередь обеспечивает оптимальный микроклимат.

Литература

1. Мигай К. В. Влияние электросварочной пыли и газов на животных / К. В. Мигай // Гигиена труда и проф. заболевания. 1961. № 8. С. 712.
2. Агашков Е. М. Классификация систем автоматического удаления вредных веществ из воздуха производственного помещения / Т. И. Белова, В. Е. Бурак, О. Б. Гераськова, Д. А. Кравченко // Вестник МАНЭБ. 2010. Т. 15, № 4. С. 116-118.
3. Патент № 2428636. Система приточно-вытяжной вентиляции животноводческого помещения (Белова Т. И., Маркарянц Л. М., Безик В. А., Белов А. С., Никитин А. М.). 2011.
4. Патент РФ № 2479795. Система вентиляции промышленного предприятия. / Е. М. Агашков, Т. И. Белова, Л. М. Маркарянц, В. А. Безик, Д. А. Кравченко, М. С. Изотов – 28.11.2012.
5. Безик, В. А. Автоматика / В. А. Безик, В. А. Лаптев. – Методические указания. Брянская ГСХА. Брянск: БГСХА, 1999. 48 с.
6. Безик В. А., Алексанян И. Э. Применение комбинированных устройств защиты // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы Международной научно-практической конференции. / Под ред. А. В. Павлова. ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. С. 44-47.
7. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.
8. Автоматизированная система вентиляции сварочного участка предприятия Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (2013). С. 33-34.
9. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Автоматизированная система вентиляции сварочного участка предприятия. // Ж. Вестник ФГБОУ БГСХА. № 1, Брянск, 2013.
10. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Совершенствование системы вентиляции сварочного участка предприятия // Сборник науч- практич. конференции Саратов ГАУ.

11. Белоус, Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

12. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

13. Анищенко В. А., Токочакова Н. В., Федоров О. В. Инвестиции в системы электроснабжения и энергоэффективность промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие. Минск: БНТУ, 2010. 93 с.

14. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики // Энергоэффективность. 2008. № 3. С. 6-10.

15. Токочакова, Н. В. Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления. / Н. В. Токочакова // Изв. высш. учеб. завед. и энергет. объедин. СНГ – Энергетика. 2006. № 3. С. 67-75.

16. Грунтович Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.

17. Грунтович Н. В., Алферов А. А., Колесников П. М. Типовые ошибки при вибродиагностировании энергетического оборудования. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2010. № 1 (40). С. 72-81.

18. Грунтович Н. В., Грачек Н. И. Комплексное техническое диагностирование электротехнического оборудования – основа системы ремонтов «по состоянию». Горный журнал. 2003. № 7. С. 67-69.

УДК 628.1

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ

КРОВОПУСКОВА В.Н.

Аннотация: В статье рассмотрена модернизация метода контроля прозрачности воды. Модернизация основана на использовании в качестве измерительной емкости съемной кюветы, использовании цифровой камеры высокого разрешения для повышения точности измерения прозрачности воды и применения набора стандартных шрифтов различного размера для упрощения калибровки устройства.

Ключевые слова: прозрачность, качество воды, метод измерения, грубодисперсные взвеси.

MODERNIZATION DEFINITIONS TRANSPARENT WATER

KROVOPUSKOVA V.N.

Abstract: The article considers the modernization of quality monitoring of water clarity. Modernization based on the use as a measuring capacity removable cell, using a digital high-definition cameras to increase the accuracy of measurement of water clarity and the use of a standard set of fonts of different sizes to simplify the calibration device.

Keywords: transparency, quality of water, the method of measurement, coarse suspension.

Важным показателем качества воды, используемой практически для любой цели, является наличие механических примесей – взвешенных веществ, твердых частиц ила, глины, водорослей и других мелких частиц. Допустимое количество взвешенных веществ колеблется в широких пределах, как и возможное их содержание.

Важнейшей характеристикой мелкодисперсных частиц является их размер, так как именно от него зависят характеристики качества воды. Поэтому контроль размеров мелкодисперсных частиц является актуальной задачей на всех этапах контроля.

Для измерения и контроля размеров мелкодисперсных частиц предложены различные измерительные средства: лазерные анализаторы размеров частиц, спектрометры динамического рассеяния света, фотоэлектрические колориметры типа КФК-3 и другие. Однако, контролировать размеры столь малых частиц очень непросто и большинство методов анализа гранулометрического состава не могут обеспечить приемлемую точность измерений [1].

Наиболее точным способом измерения прозрачности воды является метод измерения с помощью шрифта.

Пробу воды в транспортной таре энергично взбалтывают в течение 2-3 мин и сразу же наливают в сухой цилиндр до верхней отметки. В случае, если в воде имеется муть от выпавшего при стоянии гидроксида железа или содержатся грубодисперсные взвеси, ее следует брать после взбалтывания и отстаивания в течение 1 мин. Затем сливают воду через кран до тех пор, пока буквы шрифта не станут видимыми. Измерение повторяют, доливая воду в цилиндр до тех пор, пока шрифт снова станет нечитаемым, и вновь сливая воду до проявления шрифта. В качестве результата измерения берут среднее арифметическое из 3 измерений высоты слоя воды. Прозрачность воды по шрифту выражают в сантиметрах с точностью до 0,1 см.

Автор статьи разработал устройство определения уровня прозрачности воды при малом содержании взвешенных веществ, которое упрощает процесс измерения и повышает точность определения прозрачности [2].

Устройство содержит измерительную емкость, выполненную в виде усеченного конуса. Для слива пробы широкая часть емкости оснащена сливной воронкой. С целью исключения влияния освещения на результат определения

прозрачности воды емкость выполнена из непрозрачного материала. С двух сторон емкость герметично закрыта прозрачным стеклом. Узкая часть измерительной емкости оборудована USB-камерой.

Исследуемый образец воды заливается через сливную воронку измерительной емкости, расположенной горизонтально на подставке, перпендикулярно к плоскости монитора персонального компьютера (ПК).

Изменяя размер стандартного шрифта, например, Times New Roman отображаемого на мониторе ПК текстовым редактором, например, Microsoft Word по возможности прочесть шрифт, проецируемый USB-камерой на этот же монитор ПК, определяют уровень прозрачности воды.

Предложенный автором метод измерения прозрачности воды защищен патентом РФ на полезную модель [3].

Однако опыт эксплуатации выявил ряд недостатков разработанного устройства.

В целях повышения точности измерения прозрачности воды необходимо USB-камеру заменить на цифровую IP-камеру высокого разрешения (не менее 2 Мр (Мегапиксель)).

Для упрощения процесса измерения вместо измерительной емкости в виде усеченного конуса оборудовать устройство съемной кюветой прямоугольной формы.

Для достижения высокой точности измерения калибровку в линейном диапазоне от 0,012 до 40,0 NTU (нефелометрическая единица мутности) в зависимости от яркости и разрешающей способности используемого монитора, необходимо проводить по формазинному стандарту 20,0 NTU. В связи с этим, предлагается использовать набор стандартных шрифтов различного размера, размещенных с противоположной от камеры стороны съемной прямоугольной измерительной кюветы.

В настоящее время модернизированная установка, основанная на визуальном методе контроля качества воды, находится на стадии проектирования.

По данному техническому решению подготовлена заявка на полезную модель модернизированного устройства определения прозрачности воды.

Литература

1. Булатов М. И., Калинин И. П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа – 5-е изд., перераб. Л.: Химия, 1986. 432 с.
2. Кровопускова В. Н. Устройство определения прозрачности воды // Научный журнал «Вестник». Брянск: Изд. ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», №4. 2015. 78 с.
3. Патент 152969 РФ G01N 21/00. Устройство для определения уровня прозрачности воды / В. Н. Кровопускова, В. Ф. Василенков, С. В. Василенков. Опубл. 27.06.2015 г. Бюл. № 18.4.
4. Белоус, Н. М. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии / Н. М. Белоус, В. Е. Ториков // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ПЕТРАКОВА Н.В.

Аннотация: Главной целью высшего образования является не столько наполнение студента определенным объемом информации, сколько формирование у него познавательных стратегий самообучения и самообразования как основы и неотъемлемой части будущей профессиональной деятельности. В условиях вуза самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы. Никакие знания, не подкрепленные самостоятельной деятельностью, не могут стать подлинным достоянием человека. Целесообразно заметить, что самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности, а это весьма актуально для современного специалиста высшей квалификации.

Ключевые слова: самостоятельная работа, учебно-познавательная деятельность, информационные технологии, знания, умения, навыки, компетенции, информационная культура.

ORGANIZATION OF INDEPENDENT UNIVERSITY STUDENTS USING INFORMATION TECHNOLOGY

PETRAKOVA N.V.

Abstract: The main objective of higher education is not so much the content of the student a certain amount of information as the formation of his self-cognitive strategies and self-education as a basis and an integral part of the future professional activity. In conditions of high school independent work completes the task of all types of educational work. No knowledge is not backed up by self-employed, can not become a true treasure of man. It is advisable to note that the independent work forms an independence not only as a set of skills, but also as a trait that plays a significant role in the structure of personality, and it is very important for today's highly qualified specialists.

Keywords: independent work, educational and cognitive activity, information technology, knowledge, skills, competencies, information culture.

В условиях информатизации, глобализации и научно-технического прогресса возникла необходимость подготовки творческих, профессионально компетентных, социально активных и конкурентоспособных специалистов, владе-

ющих навыками успешного решения задач, способных к разрешению профессиональных проблемных ситуаций, умеющих использовать опыт других людей и способных к саморазвитию на протяжении всей жизни.

Независимо от специализации и характера будущей профессиональной деятельности, любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками. Немаловажное значение в приобретении этих знаний, умений и навыков имеют опыт творческой, исследовательской и самостоятельной деятельности, позволяющий будущему специалисту определить свою позицию по тому или иному профессионально ориентированному вопросу или проблеме [4].

В соответствии с действующим государственным образовательным стандартом (ФГОС) значительная часть учебного времени отводится на самостоятельную работу студентов. Также положение оправдано тем, что в вузе будущий специалист получает не только определенный объем информации, знаний, но и должен приобретать навыки самостоятельного, мобильного освоения в дальнейшем своего профессионального дела.

Самостоятельная работа студентов сложна и многообразна. В вузе он должен сам многое постичь, многому научиться, опираясь на имеющиеся приемы организации и планирования своего времени и труда. Важно овладеть навыками научно-исследовательского подхода к изучаемому материалу, творчески использовать многообразные формы обучения. В данном случае велика роль самообразования, самоорганизации и самомотивации для преодоления всевозможных познавательных трудностей.

На эффективность учебного процесса профессионального образования влияет противоречие между требованиями новой образовательной среды и недостаточной способностью студента ориентироваться в условиях меняющихся учебных программ. Данное противоречие является своего рода предпосылкой для рассмотрения самостоятельной работы студента с новых позиций, с позиции личностно-ориентированного образования с использованием системного и деятельностного подходов к обучению.

Главной целью высшей школы является не столько наполнение студента определенным объемом информации, сколько формирование у него познавательных стратегий самообучения и самообразования как основы и неотъемлемой части будущей профессиональной деятельности.

Следовательно, для достижения высокого уровня научно-практической подготовки студентов, необходимо решить две главные проблемы:

- обеспечить возможность получения студентами глубоких фундаментальных знаний;
- изменить подходы к организации самостоятельной работы студента.

Эффективная интеграция указанных подходов ориентирована на повышение качества обучения, развитие творческих способностей студентов, их стремление к непрерывному приобретению новых знаний.

Анализ различных вариантов организации системы образования в вузе позволяет сделать выводы о том, что самостоятельная работа студентов в условиях современного учебного заведения будет эффективна, если функция управления будет возложена на преподавателя, располагающего современными техническими средствами обучения. Для достижения цели качества обучения могут помочь новые информационные технологии в комплексе с традиционными методами преподавания [6].

В условиях вуза самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы. Никакие знания, не подкрепленные самостоятельной деятельностью, не могут стать подлинным достоянием человека. Целесообразно заметить, что самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности, а это весьма актуально для современного специалиста высшей квалификации.

В настоящее время в вузах существуют две общепринятые (внеаудиторная, аудиторная) формы самостоятельной работы. На наш взгляд, сегодня актуальная самостоятельная работа студента с использованием информационных технологий – информационно-коммуникативная, – позволяющая поставить самостоятельную работу студента на новый уровень самостоятельности субъекта обучения (рис. 1).

Перспективное направление, характеризующее новую форму самостоятельной работы, связано с внедрением в учебный процесс информационных технологий, сопровождающихся увеличением объемов самостоятельной работы студентов. Тенденцию к разработке информационно-коммуникативной формы самостоятельной работы студентов, предусматривающей большую самостоятельность студентов, большую индивидуализацию заданий, касающихся как содержательной предметного материала, так и характера контроля, определяют изменения в развитии общества, включение общества в активный информационно-коммуникационный процесс информатизации [5].

Самостоятельная работа с исследовательской и учебной литературой, изданной на бумажных носителях, сохраняется как важное звено самостоятельной работы студентов в целом.

С использованием информационных технологий возможности организации самостоятельной работы студентов расширяются. Актуальной становится самостоятельная работа с обучающими программами, с тестирующими системами, с информационными базами данных. По существу, все известные виды электронных изданий могут служить основой для организации самостоятельной работы студентов, наиболее эффективными из них являются мультимедийные издания.



Рис. 1. Формы самостоятельной работы студентов в вузе

Эффективность использования средств информационных технологий в самостоятельной работе студентов во многом зависит от успешности решения задач методического характера, связанных с информационным содержанием и способом использования автоматизированных систем обучения. В связи с этим целесообразно рассматривать автоматизированные системы обучения, используемые в конкретной учебной программе, определяемой предметным содержанием, целями и задачами обучения, как программно-методические комплексы [2, 8].

Использование информационных технологий в учебном процессе позволяет изменить характер учебно-познавательной деятельности студентов, активизировать самостоятельную работу студентов с различными электронными средствами учебного назначения (рис. 2).

Самостоятельная работа студентов состоит из следующих этапов [10]:

- поисковый этап (постановка задачи, поиск);
- деятельностный этап (анализ; обработка информации);
- контролирующий этап (оценка, самоконтроль).

Интеграция традиционных и современных компьютерных методов обучения в организации самостоятельной работы студента позволит сделать более эффективным качество самостоятельной работы студента, а также и всего учебного процесса в целом.



Рис. 2. Информационные технологии в самостоятельной работе студентов

При использовании в образовательном процессе вуза информационных технологий возрастает объем и расширяются организационные формы самостоятельной работы студентов. Все это поможет формированию общей информационной культуры обучаемых, придаст самостоятельной работе студентов новый облик, позволит не только закреплять полученные знания и навыки, но и управлять самостоятельной работой студентов, формируя основы для их дальнейшего самообразования и профессионального роста [5].

В процессе профессиональной подготовки перед студентами ставятся задачи овладения информационной культурой, позволяющей ориентироваться в потоке разнообразной информации. Этому во многом способствуют дисциплины информатика и информационные технологии [7]. Будущие специалисты должны иметь представление об информационных ресурсах Internet по проблемам их будущей профессиональной деятельности; знать наиболее популярные Web-сайты по вопросам образования и науки; уметь производить поиск в электронных каталогах и базах данных информационных центров, занимающихся проблемами их профессиональной деятельности и многое другое.

Включенность информационных технологий в учебный процесс в вузе решает следующие задачи:

- обеспечение информацией студентов в учебном процессе;
- формирование ключевых компетенций студентов;
- интеграция базового и дополнительного образования;
- повышение мотивации студентов к обучению и др.

Главной сегодняшней задачей в сфере высшего профессионального образования является, по выражению одного из крупнейших теоретиков и практиков образования взрослых [10], американского ученого М. Ш. Ноулза, стало «производство компетентных людей – таких людей, которые были бы способны применять свои знания в изменяющихся условиях, и ... чья основная компетенция заключалась бы в умении включиться в постоянное самообучение на протяжении всей своей жизни».

Формирование компетентного выпускника вуза возможно лишь в условиях делового партнерства студентов и преподавателя. Важным условием достижения этой цели есть самостоятельная работа как субъекта, который в содружестве с преподавателем планирует, осуществляет и оценивает свои результаты. Самостоятельная работа студентов в вузе является особой формой самообразования и помогает овладеть информационными технологиями как необходимой профессиональной составляющей современного специалиста, способствует формированию навыков автономного приобретения знаний и развитию информационной культуры.

Литература

1. Везубова Н. А. Современные аспекты совершенствования обучения студентов // Стратегия социально-ориентированного управления в рыночной экономике: труды международной научно-практической конференции. Брянск. Издательство Брянской ГСХА, 2009. С. 11-13.
2. Везубова Н. А. Информационные технологии как фактор и необходимое условие развития высшего образования. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-технической конференции. – Брянск.: Издательство Брянской ГСХА, 2012. С. 39-42.
3. Организация самостоятельной работы студентов: Материалы докладов II Всероссийской научно-практической интернет-конференции «Организация самостоятельной работы студентов» (6-9 декабря 2013 года). Саратов: Изд-во «Новый Проект», 2013. 188 с.
4. Петраков М.А. Концептуальные основы менеджмента качества образовательных процессов // Стратегия социально-ориентированного управления в рыночной экономике: труды международной научно-практической конференции. Брянск. Издательство Брянской ГСХА, 2009. – С. 11-13.
5. Петракова Н. В. Формирование у студентов готовности к применению компьютерных технологий в профессиональной деятельности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Брянск, 2003.
6. Петракова Н. В. Инновационные образовательные технологии в подготовке современного специалиста АПК. // Производство и безопасность сельскохозяйственной продукции: менеджмент качества и безопасности: Материалы III Международной научно-практической конференции (11-13 февраля 2015 года, Воронеж, Россия). Ч. II. / Коллектив авторов. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. С. 149-151.

7. Петракова Н. В. Формирование общекультурных компетенций у студентов в процессе изучения дисциплины «Информационные технологии». // Проблемы энергетики, природопользования, экологии. Сборник материалов международной научно-технической конференции. Брянск.: Издательство Брянской ГСХА. 2015.

8. Сакович Н. Е. Интерактивные обучающие системы как средство эффективной подготовки специалистов. // Проблемы энергопользования, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования АПК. Международная научно-практическая конференция. Брянск: БГСХА, 2011. С. 161-165.

9. Сакович Н. Е. Компетентностный подход при изучении информатики в ВУЗе. // Проблемы энергопользования, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во БГСХА, 2013. С. 97-99.

10. Темербекова А. А. Проблемы формирования информационной компетентности учителя. // Непрерывное образование в Западной Сибири: современное состояние и перспективы: сб. материалов регион. научно-практ. конф. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2008. С. 237-240.

11. Белоус, Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

УДК 628.35

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕЗУЛЬТАТА ПРИ ОЧИСТКЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОКОВ

ЗВЕРЕВА Л.А.

Аннотация: Обозначены проблемы эколого-экономической эффективности очистки хозяйственно-бытовых стоков на очистных сооружениях. Дана оценка экономического результата от сброса не до очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод п. Кокино в р. Волосовку.

Ключевые слова: Экономический эффект, сточные воды, предотвращенный экономический ущерб, загрязняющие вещества.

ASSESSMENT ECONOMIC RESULTS WHEN CLEANING DOMESTIC SEWAGE

ZVEREVA L.A.

Abstract: The problems of environmental and economic effectiveness of treatment of domestic sewage in wastewater treatment plants. The estimation of economic results from the reset not treated domestic wastewater in r. Volosovku p. Kokino.

Keywords: Economic impact, waste water, the prevention of economic damage, pollutants.

В последние годы экологический фактор уже реально проявляется как составляющая общего снижения народного благосостояния.

Из чего можно предположить, что осуществляемые природоохранные мероприятия не достаточно эффективны, и установленные государством нормы платежей за загрязнение окружающей среды не стимулируют предприятия и организации на выполнение мероприятий по предупреждению или снижению ущерба окружающей среде.

Не являясь непосредственным источником средств материального производства, издержки предотвращения загрязнения отвлекают значительную часть трудовых и финансовых ресурсов, снижают темпы экономического роста, увеличивают себестоимость продукции. Это вызывает необходимость поиска разумных пропорций при выделении средств на мероприятия экологической направленности.

А поскольку затраты на очистку воды составляют 75-80% всех расходов на охрану окружающей среды, то более чем актуальна необходимость определения экологического и экономического эффекта выполняемых природоохранных мероприятий для водных объектов.

В соответствии с рекомендуемой типовой методикой определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки ущерба, наносимого народному хозяйству загрязнением окружающей среды, расчет экономического эффекта природоохранных мероприятий основывается на сопоставлении затрат на их осуществление с народнохозяйственным экономическим результатом, достигнутым благодаря этим мероприятиям.

В нашем случае дается оценка экономического результата от сброса не до очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод с. Кокино в р. Волосовку.

Экономический результат выражается величиной ликвидированного или предотвращенного экономического ущерба от нарушения или потерь ресурса и определяется по формуле

$$P = Y_{\text{п}} + D_{\text{ул}} \quad (1)$$

где $Y_{\text{п}}$ – величина предотвращенного экономического ущерба от проведения водо-охранных мероприятий, руб./год.

$D_{\text{ул}}$ – годовой расход от улучшения использования биогенных веществ и от других целевых эффектов в смежных отраслях в результате проведения водо-охранных мероприятий, руб.

Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения биогенными веществами ($Y_{\text{п}}$, руб.) равна разности между расчетными величинами возможного ущерба ($Y_{\text{в}}$), который имеет место или имел бы место в случае отказа от водо-охранных мероприятий и остаточным ущербом ($Y_{\text{о}}$) после их проведения, $Y_{\text{п}} = Y_{\text{в}} - Y_{\text{о}}$.

Возможный и остаточный ущербы определяются по формулам:

$$Ув = 8400 \cdot G_K \cdot \sum Mв \cdot k_{инф}, \text{ тыс. руб.} \quad (2)$$

$$Уо = 8400 \cdot G_K \cdot \sum Мо \cdot k_{инф}, \text{ тыс. руб.} \quad (3)$$

где 8400 – удельный ущерб, рублей на одну условную тонну биогенных веществ в ценах 2000 г., руб./т [1];

G_K – константа для различных водохозяйственных участков (коэффициент, учитывающий экологические факторы, по бассейнам морей и рек, для бассейна р. Десна, $G_K = 1,75$);

$\sum Mв$ и $\sum Мо$ – приведенная масса возможного и остаточного годового сброса биогенных веществ в водные объекты, т;

$k_{инф}$ – коэффициент, учитывающий инфляцию, (для Брянской области в 2015 году $k_{инф} = 7,5$).

Приведенная масса определяется по выражению:

$$\sum Mв = A_i \cdot m_{ei}, \text{ т} \quad (4)$$

$$\sum Мо = A_i \cdot m_{oi}, \text{ т} \quad (5)$$

где A_i – показатель относительной опасности i -го вещества, определяемый по формуле

$$A_i = \frac{1}{ПДК_i}, \quad (6)$$

m_{ei} и m_{oi} – масса годового сброса (возможного и остаточного) i -го вещества, т

$$m_{ei} = C_H \cdot V_{CT}, \text{ т/ГОД} \quad (7)$$

$$m_{oi} = C_{Oч} \cdot V_{CT}, \text{ т/ГОД} \quad (8)$$

где C_H – концентрация загрязняющих веществ в неочищенных стоках, г/л;

$C_{Oч}$ – концентрация загрязняющих веществ в очищенных стоках, г/л.

$ПДК_{р\text{х}}$ – предельно допустимая концентрация i вещества в водоеме для рыбохозяйственного назначения.

Не смотря на то, что в проектах строительства очистных сооружений учитываются все требования ГОСТов по очистке сточных вод до ПДК, при экс-

платации этих сооружений практически нигде не добиваются 100% степени очистки, так как качество работы сложных инженерных сооружений зависит от многих факторов: совершенства конструкций сооружения, квалификации обслуживающего персонала, бесперебойной подачи электроэнергии, температуры воздуха и воды и др.

Обычно эффективность работы очистных сооружений не превышает 90%, а в некоторых случаях может быть на много ниже.

В данном примере очистные сооружения задерживают только около 68% приведенной массы загрязняющих веществ, что подтверждают лабораторные данные и расчеты.

Возможный ущерб, $U_{\text{в}} = 8400 \cdot 1,75 \cdot 84,22 \cdot 7,5 = 9285,255$ тыс. руб.

Остаточный ущерб, $U_{\text{о}} = 8400 \cdot 1,75 \cdot 26,9 \cdot 7,5 = 2965,725$ тыс. руб.

Предотвращенный ущерб, $U_{\text{п}} = 9285,255 - 2965,725 = 6319,53$ тыс. руб.

Поскольку сухой осадок сточных вод на иловых площадках не утилизируется, то дополнительный доход не определяем, тогда экономический результат (Р) будет равен 6319,53 тыс. руб. (в текущих ценах).

Таблица – Расчет приведенной массы сброса загрязняющих веществ

Наименование п/п вещества	Концентрация стоков, г/ м ³		Масса сброса в водоем (при $V_{\text{ст}}=325$ тыс. м ³ /год), т		ПДК _{р/х} г/м ³	1/ПДК _{р/х} усл.т/т	Приведенная масса сброса в водоем, т	
	неочищ.	очи- щен.	возмож.	остат.			возможн.	оста- точн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Взвеш.вещества	282,2	6,32	91,9	2,05	10	0,1	9,19	0,21
2. БПК-5	115	6,3	37,38	2,04	3	0,33	12,33	0,67
3. Азот амонийный	41,2	4,3	13,39	1,4	0,5	2	26,78	2,8
4. Азот нитритный	0,042	0,4	0,014	0,123	0,02	50	0,7	6,13
5. Азот нитратный	0,18	2,7	0,059	0,88	0,1	10	0,59	8,64
6. Фосфаты	15,0	4,6	4,9	1,50	0,3	3,3	16,17	4,92
7. Нефтепродукты	0,04	0,02	0,013	0,006	0,5	20	0,26	0,12
8. Минер, состав	-	201,2	-	65,4	400	0,0025	-	0,16
9. ХПК	280	50	91	16,3	5	0,2	18,2	3,25
ИТОГО							84,22	26,9

Расчеты показывают, что остаточный ущерб от сброса сточных вод в р. Волосовку равный 2965,725 тыс. руб. в год, значительно превышает платежи за сброс загрязняющих веществ, т. е. платежи покрывают только 20% причиняемого ущерба.

Таким образом, одной из актуальных проблем является установление экономически обоснованного уровня издержек предотвращения загрязнения водоемов. В частности, важными представляются вопросы рационального распределения средств между различными направлениями экологических мероприятий.

В нашем примере можно предложить два направления: построить дополнительно дорогостоящие сооружения для доочистки или использовать не до

очищенные сточные воды для орошения, во втором случае кроме повышения степени очистки сбрасываемых в водоем вод, можно получить доход от производства с земель орошаемых сточными водами.

Литература

1. Национальный отчет по проекту «Идентификация и оценки «Горячих точек» 2001-2003 г. UNIDO, 2003.
2. Белоус, Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

УДК 62-932.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГОТОВКИ ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

ПАНОВ М.В., ПАНОВА Т.В.

Аннотация: В данной статье представлена технологическая схема заготовки зерна по теории графов, классификация зерносушилок, предложена малогабаритная зерносушилка.

Ключевые слова: Зерно, зерносушение, хранение зерна, очистка зерна, сорная примесь, малогабаритная зерносушилка.

SIMULATION OF THE WORKPIECE WITH A SMALL-SIZED GRAIN DRYERS

PANOV M.V., PANOVA T.V.

Abstract: This article is a flow diagram of harvesting grain on graph theory, the classification of grain dryers, offered small-sized grain dryer.

Keywords: Grain, zernosushenie, grain storage, grain cleaning, weed underimpurity, small-sized grain dryer.

В настоящее время в целях обеспечения продовольственной безопасности страны большое значение имеют сохранение и рациональное использование всего выращенного урожая, получение наибольшего количества готовой к использованию продукции из сельскохозяйственного сырья. В связи с сезонностью производства в сельском хозяйстве возникает необходимость хранения сельскохозяйственной продукции для их использования в течении года и более.

Для эффективного хранения зерна необходимо следовать технологической схеме зернозаготовки и соблюдением установленных режимов, представив, её в виде графа (рис. 1).

До начала уборки урожая составляют план размещения с учетом нового урожая и фактически ожидаемого объема производства, а также план заготовок и реализации продукции.

Партии семян хранят отдельно по культурам, сортам, репродукциям, категориям сортовой чистоты, а также с учетом показателей качества по засоренности и влажности. Перед заготовкой зерна зачищают складские помещения, оборудование и территорию зернотока от остатков урожая прошлого года.

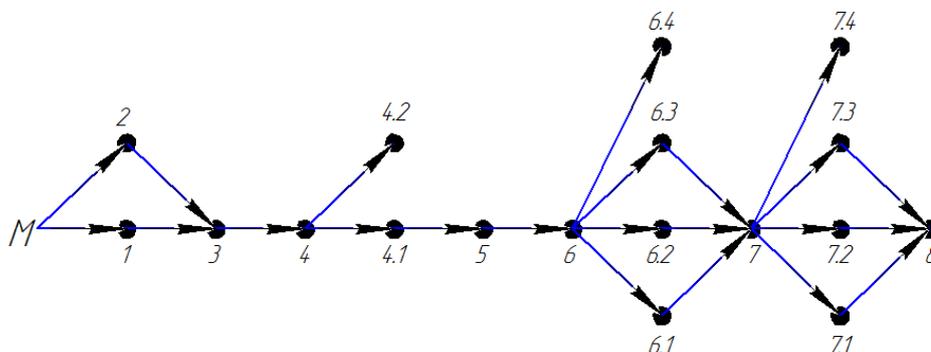


Рис. 1. График заготовки зерна.

M – масса свежубранного вороха, 1 – транспортировка от зерноуборочной машины, 2 – временная конспирация, 3 – временное хранение, 4 – предварительная очистка зерна, 4.1 – зерно, 4.2 – сорная примесь, 5 – сушка зерна, 6 – первичная очистка, 6.1 – зерно, 6.2 – фуражное зерно, 6.3 – примеси, 6.4 – отходы, 7 – вторичная очистка, 7.1 – зерно, 7.2 – зерно II сорта, 7.3 – аспирационные отходы, 7.4 – примеси, 8 – хранение зерна

На зернотоке для хранения семенного зерна имеется зернохранилище, снабженное активным вентилированием. Оно представляет собой одноэтажное здание секционного типа.

Период временной конспирации зерна – непродолжительное хранение в течение допустимых сроков. Это вынужденное хранение зерна, прошедшего предварительную очистку в ожидании начала или повторных прогонов через сушку. Этот период бывает во влажные годы [3].

Сразу после обмолота зерна проходит стадию временного хранения на токах или на складах.

При размещении зерна яровой пшеницы на временное хранение влажность зерна составляет 21 %, что характеризует его, как влажное и сырое. Содержание примесей на данном этапе заготовки составляет: сорная – 4%, зерновая – 11%, трудноотделимая – 0,8%. Категория сортовой чистоты присвоена I.

Временное хранение зерна подразделяется на два этапа:

1 этап. Хранение свежубранного зерна в бункерах, оборудованных активным вентилированием.

2 этап. Временное хранение зерна прошедшего полный цикл послеуборочной обработки по чистоте и иногда по влажности.

Временное хранение зерна, прошедшего полный период или сокращенный цикл послеуборочной обработки, но не доведено до норм стандарта по засоренности или по влажности. Когда его обработка задерживается из-за необходимости

сти обрабатывать другие менее стойкие партии убранного зерна. Такое зерно направляется в хранилище, технологически оборудованное транспортными средствами с зернообрабатывающим агрегатом или поточной линией. После окончания уборки такие партии зерна возвращаются на повторную обработку [2].

Предварительная очистка зернового вороха – это вспомогательная операция на очистке зерна, ее проводят для обеспечения благоприятных условий при выполнении последующих операции послеуборочной обработки зерна. На ворохоочистительных машинах из зернового вороха выделяют крупные примеси, что повышает сыпучесть зерновой массы, повышает устойчивость к самосогреванию.

Предварительная очистка наиболее эффективна только в том случае, если проводится сразу же при поступлении зерна на ток. Задержка с очисткой даже на ночь, связана с опасностью самосогревания зерна, снижения качества, кроме того, происходит быстрое перераспределение влаги между зерном и ворохом, в результате чего увеличивается влажность зерна [1].

Для предварительной очистки применяются машины ОВС-25 с воздушной очисткой. На ОВС-25 устанавливаются 4 решетки, по 2 решетки на каждый стан. Верхний стан предназначен для удаления крупной примеси, нижний – для удаления мелкой примеси. Для удаления легкой примеси имеется воздушная очистка (аспирационная система) [5].

Машины предварительной очистки должны выполнять очистку свежесобранного вороха, влажностью до 40%, содержание отделимой примеси 20%, в том числе соломиной до 5%. В процессе очистки должно выделиться не менее 50% сорной примеси, в том числе вся соломистая.

Сушка является основной технологической операцией по приведению зерна в стойкое состояние.

Сушку зерна проводят для снижения влажности до пределов, обеспечивающих стойкость его при хранении, а также для борьбы с зараженностью вредителями. При сушке на сушилках применяются продувание слоя зерна горячей смесью поточных газов с наружного воздухом с помощью вентиляции. Газовоздушная смесь подается в наполненную зерном камеру сушилки, проходя через зерновую массу, зерно нагревается, газо – воздушная смесь поглощает выделенную влагу и отводит наружу. Зерно при увлажнении перемешивается, что улучшает соприкосновение отдельных зерен со смесью газов и ускоряет процесс сушки. Зерно из горячей камеры направляется в охлаждающую. Наиболее распространены барабанные и шахтные сушилки непрерывного действия [4].

Сушку проводят на зерносушилках различных типов, классификация которых, представлена на рисунке 2.

Производительность сушилок характеризуют разными показателями: количеством испарившейся влаги в килограммах за 1 ч., тонно-процентами снижения влажности и другие. Производительность зерносушилок зависит от начальной и конечной влажности зерна, его целевого назначения и культуры, установлен единый показатель – плановая тонна или плановая единица сушки, характеризующая снижение влажности 1 т продовольственной пшеницы на 6% (т.е. с 20% до 14%). В техническом паспорте, рекомендациях и руководстве по сушке производительность сушилок приведена в плановых тоннах.

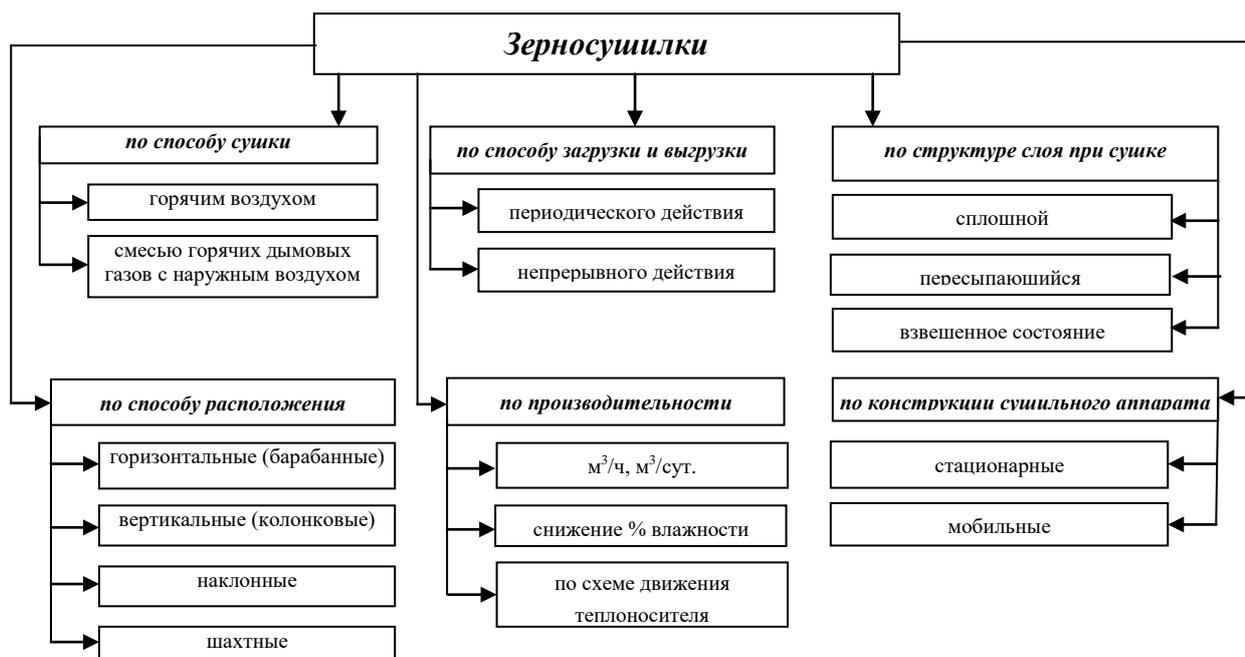


Рис. 2. Классификация зерносушилок

Зерносушилки обеспечивают сѐм влаги для продовольственного зерна до 8% и для посевного материала до 4-5%. Поэтому зерновые массы с повышенной влажностью пропускают через сушилки 2-3 или даже 4 раза[3].

Практика показывает, что сушка зерна и семян во многих хозяйствах является затратным процессом. Это происходит не только потому, что используют менее производительные сушилки, но и вследствие недостаточно четкой организации зерносушения, неправильной эксплуатации зерносушилок, несоблюдения рекомендуемых режимов сушки, отсутствия поточных линий. Поэтому, кроме того, что зерносушилка должна быть компактной, несложной по устройству, приспособленной для работы на местном топливе, безопасной в пожарном отношении, удобной, для осмотра и обслуживания при полной механизации всех процессов сушки и охлаждения зерна, так же она должна обеспечивать высокую эффективность сушки с соблюдением установленных режимов сушки зерна, представленных в таблице 1, с учетом его влажности, целевого назначения и других особенностей.

Таблица 1 – Режимы сушки зерна

Культура	Влажность семян, %	Количество пропусков	Температура, °С.	
			агентасушки	семян
Пшеница	18	1	70	45
	20	1	65	45
	26	1	60	43
	>26	2	65	45

Для обеспечения сушки необходимого количества зерна и минимизации стоимости установки, предлагается малогабаритная зерносушилка для фермерских и крестьянских хозяйств, представленная на рисунке 3 [7].

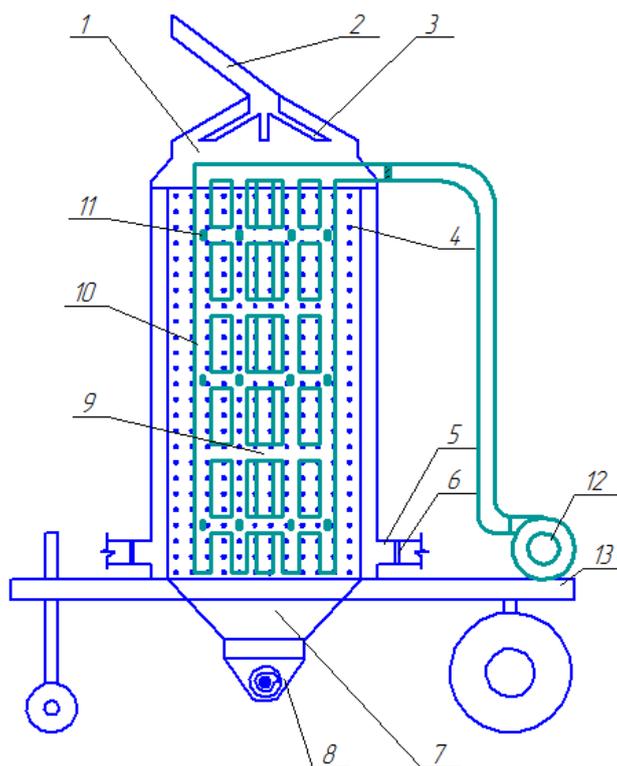


Рис. 3. Малогабаритная зерносушилка

Предлагаемая нами малогабаритная зерносушилка конструктивно состоит из корпуса 1, приемного канала 2 и патрубков 3, равномерно, распределяющих загружаемое сырьё в контейнер 4, из перфорированных листов, с перфорацией, имеющей форму ромба, системы воздухоподачи, состоящей из горизонтальных 9 и вертикальных перфорированных труб 10 с расположенными на них датчиками влажности 11 и теплогенератора для подачи теплого воздуха 12, горизонтальных воздухоотводов 5, снабженных обратными клапанами 6, днища в виде центрального затвора, открывающегося при выгрузке высушенного сырья. Также для выгрузки высушенных зерновых культур имеется выгрузной канал 7, ограниченный стенками со всех сторон и шнековый транспортер 8. Для транспортировки малогабаритная зерносушилка монтируется на платформе 13, снабженной механизмом сцепления с автомобилем.

Работа данной зерносушилки осуществляется по следующей технологической схеме. Контейнер через приёмный канал равномерно заполняют сырьём нуждающимся в высушивании и включают теплогенератор. Теплый воздух, проходя по системе воздухоподачи, распределяется равномерно по сырью, благодаря равномерно расположенным горизонтальным и вертикальным перфорированным трубам, затем, проникая сквозь него теплый воздух, поступает в корпус из которого посредством горизонтальных воздухоотводов удаляется в атмосферу или направляется на обогрев или повторное использование. При достижении необходимого значения влажности теплогенератор автоматически выключается, открывается днище, выполненное в виде центрального затвора и по выгрузному

каналу сырья попадает в шнековый транспортер, по которому происходит перемещение и выгрузка сырья.

Из литературных источников [5] известно, что по толщине зерна разделяют на решетках с продолговатыми отверстиями. Здесь, сквозь отверстие может пройти только такое зерно, толщина δ которого меньше ширины щели C отверстий, длина зерна не имеет значения, она всегда меньше длины продолговатого отверстия. Так как ширина b зерна всегда больше толщины δ , то зерно, которое не проходит сквозь отверстие по толщине, тем более не пройдет по ширине. Разделение семян по ширине осуществляют с помощью решёт с круглыми отверстиями. Здесь зерно может пройти только в том случае, если его ширина b меньше диаметра отверстия. Длина l и δ . Толщина зерна в данном случае не препятствуют прохождению сквозь отверстие [5-21]. Поэтому, чтобы предотвратить потери зерна через отверстия в контейнере, нами предложена форма отверстия – ромб.

Количество вертикальных перфорированных труб с расположенными на них датчиками влажности, зависит от габаритов и определяется по формуле

$$n = \frac{P}{-\lambda \frac{\Delta T}{h} \cdot S \cdot \eta \cdot \beta} \quad (1)$$

где P – мощность двигателя теплогенератора, кВт;

λ – коэффициент теплопроводности зерна, Вт/м °С;

ΔT – разность температур на поверхности зерна и глубине

h – глубина слоя зерна, м;

S – площадь распространения теплового потока, м²;

η – коэффициент полезного действия теплогенератора;

β – коэффициент тепловых потерь в трубе.

Малогабаритную зерносушилку предполагается применять в фермерских и крестьянских хозяйствах в виду её малой стоимости и оптимальной производительности, для хозяйств малой форм собственности.

Литература

1. Журавлев А. П. Послеуборочная обработка, хранение зерна и продуктов его переработки. Чапаевск, 2000. С. 3-129.
2. Карпов Б. А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна. М.: Агропромиздат, 1987. 288 с.
3. Пунков С. П., Стародубцева А. И. Хранение зерна, элеваторно-складское, хозяйство и зерносушение. М.; Агропромиздат, 1990. 367 с. ISBN 5-10-000546.
4. Резчиков В. А. Налеев О. Н., Савченко С. В. Технология зерносушения. Алматы: АТУ, 2000. 356 с.
5. Технологии, машины и оборудование для производства и переработки зерна (Каталог). М.: Информагротех, 1994.

6. Трисвятский Л. А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. М.: Агропромиздат, 1991. 415 с.

7. Панова Т. В., Панов М. В. Патент на полезную модель № 147015 РФ МПК В02В5/00. Малогабаритная зерносушилка; ФГОУ ВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". № 2014127587/13 заявл. 07.07.2014, опубл. 27.10.2014 Бюл. № 30. 2 с.

8. Белоус Н. М., Ториков В. Е., Чирков Е. П. и др. Опыт организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в крупных агрохолдингах Брянской области /Под редакцией Н. М. Белоуса. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2014. 183 с.

9. Белоус Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.

10. Белоус Н. М., Малявко Г. П., Шаповалов В. Ф. Справочник агрохимика. Справочник агрохимика. Учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям. С. 50.

11. Ториков В. Е., Фокин И. И. Влияние агроэкологических условий выращивания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 4 (2010). С. 35-44.

12. Ториков В. Е., Фокин И. И. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 4 (2010). С. 22-29.

13. Ториков В. Е., Фокин И. И., Рыченков И. Г. Урожайность, адаптивный потенциал и качество зерна новых сортов озимой пшеницы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 4 (2010). С. 11-22.

14. Ториков В. Е., Сорокин А. Е. Влияние технологии возделывания и сорта на накопление токсичных элементов в зерне яровых культур // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 4. С. 51-55.

15. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. Вестник Чувашияского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

16. Анищенко В. А. Инвестиции в системы электроснабжения и энергоэффективность промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие. Минск: БНТУ, 2010. 93 с.

17. Грунтович Н. В., Жеранов С. А. Влияние влажности зерна и кукурузы на энергетические затраты при его сушке. В сборнике: Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК VIII Международная научно-техническая конференция. Под общей редакцией Маркарянц Л. М.. Брянск, 2014. С. 81-84.

18. Грунтович Н.В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.

19. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управ-

ления энергоэффективностью промышленных потребителей республики // Энергоэффективность. 2008. № 3. С. 6-10.

20. Токочакова Н. В. Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления. // Изв. высш. учеб. завед. и энергет. объедин. СНГ – Энергетика. 2006. № 3. С. 67–75.

21. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

УДК 681.5

ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ КОМБИНИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

БЕЗИК В. А., МАРКАРЯНЦ Л. М.

Аннотация: Каждое устройство защиты, независимо от принципа работы и схемы, условно можно представить в виде трёх основных частей: преобразовательной цепи, реагирующего органа и вспомогательных устройств. Преобразовательная цепь и реагирующий орган образуют главную часть устройств защиты. Свойства преобразовательной цепи описываются её функцией преобразования, свойства реагирующего органа – его параметрами, свойства главной части – уравнениями срабатывания и возврата. При математическом описании устройств защиты, свойства преобразовательных цепей определяются их функциями преобразования, свойства реагирующих органов – их уставками, свойства главных частей – их уравнениями срабатывания и возврата. Определены функция преобразования и уравнение срабатывания устройства защиты. Данные уравнения срабатывания позволяют определить чувствительность устройств защиты. Показатель чувствительности определен как величина, обратная минимальному приращению контролируемой величины, необходимому для срабатывания устройств защиты. Найдены зависимости, позволяющие определить координаты точки срабатывания. Эти соотношения позволяют произвести необходимую настройку комбинированных устройств защиты с учетом взаимного влияния цепей и воздействия мешающих факторов, что позволит повысить надежность и точность срабатывания.

Ключевые слова: устройство защиты, преобразовательная цепь, реагирующий орган, функция преобразования, уравнения срабатывания, уравнения возврата, уставка, показатель чувствительности, надежность, точность.

FEATURES OF SETUP OF THE COMBINED DEVICE OF PROTECTION OF ELECTRIC EQUIPMENT

BEZIQ V. A., MARKARYANTS L. M.

Abstract: Each protection device regardless of operating principle and scheme can be presented in the form of three main parts: a converter circuit, a responsive body and auxiliary devices. The converter circuit and the responsive body form the main part of the protection devices. The properties of the converter circuit are described by its transformation function, the properties of the responsive body – by its parameters, and the properties of the main part – by the equations of activation and return. In the mathematical description of the protection devices the properties of the converter circuits are determined by their functions of transformation, the properties of the responsive body – by their set points, and the properties of the main parts – by their equations of activation and return. The function of transformation and the equation of activation of the protection device have been defined. These equations of activation allow determining the sensitivity of the protection devices. The sensitivity index is defined as a value which is reciprocal to the minimum adhesion of the controlled magnitude required to activate the protection devices. The dependences permitting to determine the coordinates of the activation point have been found. These correlations allow making necessary setting of the combined protection devices taking into account the mutual influence of the circuits and the impact of confounding factors that will improve the reliability and accuracy of the activation.

Keywords: protection device, converter circuit, responsive body, transformation function of the equation, response, equation of activation and return, set point, index of sensitivity, reliability, accuracy.

Научный подход к решению сложной многоплановой проблемы повышения эффективности защиты асинхронных двигателей должен базироваться на научных знаниях об асинхронном двигателе, как объекте защиты, об устройствах защиты, о технической системе асинхронный двигатель – устройство защитного отключения – комбинированное устройство защиты.

Каждое устройство защиты, независимо от принципа работы и схемы, условно можно представить в виде трёх основных частей: преобразовательной цепи, реагирующего органа и вспомогательных устройств. Преобразовательная цепь (ПЦ) и реагирующий орган (РО) образуют главную часть устройств защиты. Свойства преобразовательной цепи описываются её функцией преобразования (ФП), свойства реагирующего органа (РО) – его параметрами, свойства главной части – уравнениями срабатывания и возврата. ФП – это функция с изменяющимися параметрами, на которую влияют наводки от внешних электромагнитных полей.

$$y[x, a_1(v_1 \dots v_m), \dots, a_n(v_1, \dots, v_m), \xi_1, \dots, \xi_k] \quad (1)$$

где $y[x, a_1(v_1 \dots v_m), \dots, a_n(v_1, \dots, v_m), \xi_1, \dots, \xi_k]$ – функция преобразования (ФП),

x – контролируемая величина;
 $a_1 \dots a_n$ – параметры функции преобразования;
 $v_1 \dots v_m$ – мешающие факторы, оказывающие влияние на параметры ФП;
 $\xi_1 \dots \xi_k$ – наводки от внешних электромагнитных полей.

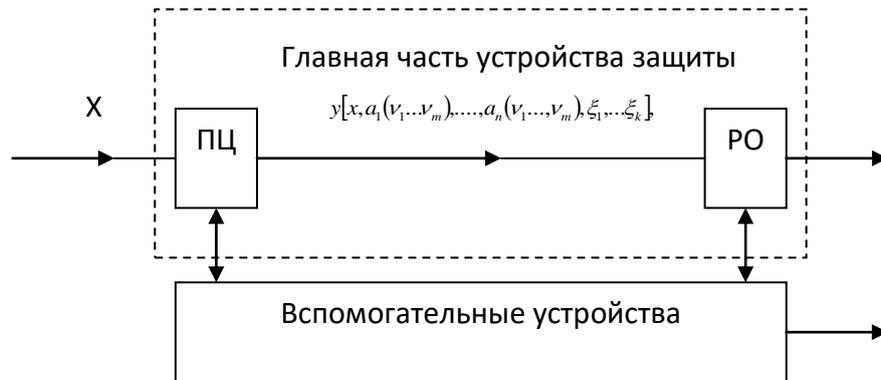


Рис. 1. Блок-схема устройства защиты

При отсутствии мешающих факторов функция преобразования имеет вид:

$$y(x, a_1, \dots, a_n) \quad (2)$$

При математическом описании устройств защиты, свойства преобразовательных цепей определяются их функциями преобразования, свойства реагирующих органов – их уставками, свойства главных частей – их уравнениями срабатывания и возврата.

Уравнения срабатывания и возврата имеют вид:

$$\begin{aligned}
 y[x, a_1(v_1, \dots, v_m), \dots, a_n(v_1, \dots, v_m), \xi_1, \dots, \xi_k] &= y_c \\
 y[x, a_1(v_1, \dots, v_m), \dots, a_n(v_1, \dots, v_m), \xi_1, \dots, \xi_k] &= y_s \\
 y(x, a_1, \dots, a_n) &= y_c \\
 y(x, a_1, \dots, a_n) &= y_s
 \end{aligned} \quad (3)$$

На малом отрезке времени, после ввода новых устройств в эксплуатацию, величинами изменения параметров элементов ПЦ и РО, за счёт старения материалов и других факторов можно пренебречь и учитывать разброс и влияние текущих мешающих факторов (температура, давление, влажность).

Граничные реализации ФП и уставки РО соответствуют граничным значениям разброса и показателей мешающих факторов. Номинальным условиям ставятся соответственно номинальная ФП и номинальная уставка РО.

Свойства главной части устройства защиты при номинальных и граничных условиях описываются тремя уравнениями срабатывания и возврата.

Первыми записываются уравнения, соответствующие номинальной ФП и

номинальной уставке РО; вторыми – соответствующие минимальной реализации ФП и максимальной реализации уставки РО; третьими – соответствующие максимальной реализации ФП и минимальной реализации уставки РО.

Уравнения срабатывания:

$$\begin{aligned} y(x, a_1, \dots, a_n) &= y_c, \\ y_{\min} [x, a'_1 \cdot (v'_1, \dots, v'_m), \dots, a'_n (v'_1, \dots, v'_m), \xi'_1, \dots, \xi'_k] &= y_{c \max} \\ y_{\max} [x, a''_1 \cdot (v''_1, \dots, v''_m), \dots, a''_n (v''_1, \dots, v''_m), \xi''_1, \dots, \xi''_k] &= y_{c \min} \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения возврата:

$$\begin{aligned} y(x, a_1, \dots, a_n) &= y_e \\ y_{\min} [x, a'_1 \cdot (v'_1, \dots, v'_m), \dots, a'_n (v'_1, \dots, v'_m), \xi'_1, \dots, \xi'_k] &= y_{e \max} \\ y_{\max} [x, a''_1 \cdot (v''_1, \dots, v''_m), \dots, a''_n (v''_1, \dots, v''_m), \xi''_1, \dots, \xi''_k] &= y_{e \min}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $a'_1 \dots a'_n, v'_1 \dots v'_m, \xi'_1 \dots \xi'_k$ и $a''_1 \dots a''_n, v''_1 \dots v''_m, \xi''_1 \dots \xi''_k$ – значения параметров и мешающих факторов, относящиеся, соответственно, к минимальной и максимальной реализации функции преобразования;

$y_c, y_{c \min}, y_{c \max}$ – номинальная уставка РО и её минимальная и максимальная реализация;

$y_e, y_{e \min}, y_{e \max}$ – номинальная уставка возврата РО и её минимальная и максимальная реализация.

Данные уравнения срабатывания позволяют определить чувствительность устройств защиты. При сравнении различных устройств защиты, безотносительно к конкретным электроустановкам, на которые они могут быть установлены, нужен показатель чувствительности самих устройств защиты. Определим его как величину, обратную минимальному приращению контролируемой величины, необходимому для срабатывания устройств защиты

$$V_{\min} = \frac{1}{\Delta_{c^*}} = \frac{X_{om}}{X_c - X_{om}} \quad (6)$$

где $\Delta_{c^*} = \frac{X_c - X_{om}}{X_{om}}$ – относительная величина минимального приращения, необходимого для срабатывания защиты.

Показатели минимальной и максимальной чувствительности:

$$V_{\min} = \frac{1}{\Delta_{c \max}^*} = \frac{X_{om}}{X_{c \max} - X_{om}}, \quad (7)$$

$$V_{\max} = \frac{1}{\Delta_{c \min}} = \frac{X_{om}}{X_{c \min} - X_{om}}.$$

Кратность срабатывания и минимальная кратность контролируемой величины определяются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} N_c &= 1 + \Delta_c, \\ N_v &= N_c K_r, \end{aligned} \quad (8)$$

где K_r – коэффициент чувствительности защиты

Применим полученные уравнения к комбинированным устройствам защитного отключения (УЗО). Так как УЗО контролирует ток нагрузки и ток утечки, то использование нелинейных функций позволяет контролировать две независимые величины одним реагирующим органом.

Предположим, в преобразовательной цепи одна величина (ток нагрузки) возводится в квадрат (характерно для электромагнитных исполнительных органов и при использовании в качестве датчика тока диодов, т.к. его вольтамперная характеристика близка к параболе), а другая (ток утечки) преобразуется линейно

$$\begin{aligned} ax^2 + by &= z, \\ ax^2 + by &= H(ax_{om}^2 + by_{om}), \end{aligned} \quad (9)$$

где H – показатель отстройки

$$\begin{aligned} y &= \frac{H(ax_{om}^2 + by_{om}) - ax^2}{b}, \\ x &= \sqrt{\frac{H(ax_{om}^2 + by_{om}) - by}{a}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Данная функция показывает повышенную чувствительность к одной из величин, например к току утечки и позволяет определить координаты точки срабатывания.

Эти соотношения позволяют произвести необходимую настройку комбинированных устройств защиты с учетом взаимного влияния цепей и воздействия мешающих факторов, что позволит повысить надежность и точность срабатывания.

Снижение напряжения на зажимах обмотки статора асинхронного двигателя вызывает ослабление вращающегося магнитного поля, рост скольжения и, несмотря на снизившееся напряжение, в большинстве случаев – рост токов в обмотках ротора и статора. Согласно ГОСТ 13109-97 на зажимах двигателя допускаются нормально допустимые и предельно допустимые значения установленного отклонения напряжения $\Delta U_y = \pm 5\% \div \pm 10\%$ и коэффициенты несим-

метрии напряжений по обратной последовательности и нулевой последовательности $k_u = 2\%$ $k_{ou} = 2\%$ соответственно.

Двигатель имеет два входа: со стороны обмотки статора и со стороны вала. Все режимы работы исправного двигателя задаются ему через эти входы. Симметричные режимы задаются парой величин напряжением U и моментом M . Несимметричные трёхфазные режимы задаются четвёркой величин $U_{(1)}$, M , k_u , Ψ – напряжением первой гармоники питающего напряжения, моментом, коэффициентом несимметрии напряжения, углом несимметрии. Эти величины являются независимыми переменными (внешними факторами), а величины, контролируемые устройством защиты – их функциями.

В зависимости от числа одновременно действующих внешних факторов, ненормальные режимы делят на простые и сложные. К первым относятся режимы с одним внешним. При одновременном действии двух и более факторов режимы являются сложными [3-17].

Учитывая коэффициент несимметрии k_u и угол несимметрии Ψ несимметричные системы векторов фазных и линейных напряжений описываются выражениями:

$$\begin{aligned}
 \dot{U}_A &= \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} e^{j\Psi}, \\
 \dot{U}_B &= \dot{U}_{A1} e^{-j120^\circ} + \dot{U}_{A2} e^{-j240^\circ} e^{j\Psi} = \dot{U}_{A1} e^{-j120^\circ} + \dot{U}_{A2} e^{j(\Psi-240^\circ)}, \\
 \dot{U}_C &= \dot{U}_{A1} e^{-j240^\circ} + \dot{U}_{A2} e^{-j120^\circ} e^{j\Psi} = \dot{U}_{A1} e^{-j240^\circ} + \dot{U}_{A2} e^{j(\Psi-120^\circ)}, \\
 \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B, \\
 \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_B - \dot{U}_C, \\
 \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_C - \dot{U}_A.
 \end{aligned} \tag{11}$$

Модуль вектора напряжения

$$U_{A2} = k_u U_{A1} \tag{12}$$

Токи в фазах двигателя при несимметричном режиме определяются из выражений:

$$\begin{aligned}
 i_A &= \frac{\dot{U}_{A1}}{\bar{Z}_1} + \frac{k_u \dot{U}_{A1} e^{j\Psi}}{\bar{Z}_2}, \\
 i_B &= \frac{\dot{U}_{A1} e^{-j120^\circ}}{\bar{Z}_1} + \frac{k_u \dot{U}_{A1} e^{j(\Psi-240^\circ)}}{\bar{Z}_2}, \\
 i_C &= \frac{\dot{U}_{A1} e^{-j240^\circ}}{\bar{Z}_1} + \frac{k_u \dot{U}_{A1} e^{j(\Psi-120^\circ)}}{\bar{Z}_2}.
 \end{aligned} \tag{13}$$

Токи прямой и обратной последовательностей соответственно равны:

$$\begin{aligned}
i_{A1} &= \frac{\dot{U}_{A1}}{\bar{Z}_1}, \\
i_{A2} &= \frac{k_u \dot{U}_{A1} e^{j\psi}}{\bar{Z}_1}, \\
i_{B1} &= \frac{\dot{U}_{A1} e^{-j120^\circ}}{\bar{Z}_1}, \\
i_{B2} &= \frac{k_u \dot{U}_{A1} e^{-j240^\circ} e^{j\psi}}{\bar{Z}_1}, \\
i_{C1} &= \frac{\dot{U}_{A1} e^{-j240^\circ}}{\bar{Z}_1}, \\
i_{C2} &= \frac{k_u \dot{U}_{A1} e^{-j120^\circ} e^{j\psi}}{\bar{Z}_1}.
\end{aligned} \tag{14}$$

Соответственно токи в фазах двигателя:

$$\begin{aligned}
\dot{I}_A &= \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2}, \\
\dot{I}_B &= \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2}, \\
\dot{I}_C &= \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2}.
\end{aligned} \tag{15}$$

Потери мощности в фазах обмотки статора:

$$\begin{aligned}
P_A &= I_A^2 R, \\
P_B &= I_B^2 R_1,
\end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
P_C &= I_C^2 R_1. \\
\Delta P_{cm} &= R_1 (I_A^2 + I_B^2 + I_C^2).
\end{aligned} \tag{17}$$

Потери мощности в обмотке ротора:

$$\Delta P_\delta = 3I_2^2 R_2 = 3R_2 (I_{21}^2 + I_{22}^2), \tag{18}$$

где I_{21} и I_{22} – токи прямой и обратной последовательности в обмотке ротора.

Срок службы изоляции асинхронных двигателей зависит от температуры, превышение температуры каждой обмотки зависит от суммарных потерь мощности. Непосредственная связь срока службы изоляции с потерями мощности в ней и возможность определения этих потерь при ненормальных режимах, делает целесообразным выражение чувствительности защиты через потери [1-17].

$$K_\psi = \frac{\Delta P_n}{\Delta P_{cm} - \Delta P_n}, \tag{19}$$

где ΔP_n – потери мощности при номинальном режиме. Для расчетов в относительных единицах примем $P_n = I$, тогда

$$K_{\text{ц}} = \frac{1}{\Delta P_{\text{см}} - 1}. \quad (20)$$

В несимметричном режиме:

$$\Delta P_{\text{см}^*} = \frac{\Delta P_{\text{см}}}{\Delta P_{\text{см.н}}} = \frac{R_1(I_A^2 + I_B^2 + I_C^2)}{3R_1 I_n^2} = \frac{1}{3}(I_{A^*}^2 + I_{B^*}^2 + I_{C^*}^2). \quad (21)$$

Из формул (10) и (11) следует:

$$\frac{1}{3}(I_{A^*}^2 + I_{B^*}^2 + I_{C^*}^2) = \frac{1}{\Delta P_{\text{см}} - 1}, \quad (22)$$

$$(I_{A^*}^2 + I_{B^*}^2 + I_{C^*}^2) = \frac{3}{K_{\text{ц}}},$$

Т.е. чем ниже чувствительность, тем большая сумма квадратов токов требуется для срабатывания защиты. Настройка токов срабатывания защит должна производиться из требуемого коэффициента чувствительности по максимально допустимой мощности потерь с учетом коэффициента загрузки машины и допустимых заводом изготовителем перегрузок с целью сохранения работоспособности оборудования.

Рассмотренные выражения позволяют анализировать модель «асинхронный двигатель – комбинированное устройство защиты» для правильной настройки средств защиты электрооборудования.

Литература

1. Грундулис А. О. Защита электродвигателей в сельском хозяйстве. Москва, Агропромиздат, 1988 г.
2. Сомов И. Я. Повышение эффективности защиты асинхронных электродвигателей сельскохозяйственных электроустановок от ненормальных и аварийных режимов работы. Волгоград, 2004.
3. Маркарянц Л. М. Повышение безопасности работников, обслуживающих сельские электроустановки, путем совершенствования их средств защиты. Канд. дисс. Спб, гос. аграрный университет, 1999. 171 с.
4. Маркарянц Л. М. Требования к средствам защиты электроустановок и их обоснование. Сб. науч. работ БГСХА «Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения». Брянск, 2005. С. 253-257.
5. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Алексанян И. Э. Повышение надежности защит от поражения электрическим током. Вестник МАНЭБ. Том 15. №4. 2010.

6. Патент №95433 U1 Российская Федерация МПК H02H 9/00 (2006.01) H02H 5/04 Комбинированное устройство защиты электроустановок / Безик В. А., Маркарянц Л. М., Алексанян И. Э. Опубл. 27.06.2010 Бюл. №18.
7. Безик В. А., Маркарянц Л. М., Самородский П. А. Устройство контроля сопротивления изоляции и сушки обмоток электродвигателя. Патент РФ № 2428005 от 25.01.2010
8. Безик В. А., Маркарянц Л. М., Алексанян И. Э. Применение комбинированных устройств защиты // Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы Международной научно-практической конференции. / Под ред. А.В. Павлова. ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. С. 44-47.
9. Алексанян И. Э., Безик В. А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области. // Проблемы энергетики, природопользования, экологии. Сборник материалов международной научно-технической конференции. 2009. С. 7-11.
10. Безик В. А., Маркарянц Л. М., Алексанян И. Э. Экспериментальные исследования комбинированного устройства защиты. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК Международная научно-техническая конференция. Брянск, – 2013. – С. 3-8.
11. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Самородский П. А. Повышение надежности электрооборудования путем использования устройства контроля сопротивления изоляции и сушки обмоток электродвигателя. // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. 2012. № 2 (2). С. 30.
12. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Сафронюк А. Г. Комбинированное устройство защиты электроустановок от токов утечки, коротких замыканий и перенапряжений. // Материалы международной научно-технической конференции. БГАУ, 2015. С.5.
13. Безик В. А., Алексанян И. Э. Результаты экспериментальных исследований комбинированного устройства. // Вестник МАНЭБ. Т. 19. № 2. 2014. С. 3.
14. Белоус, Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии // Вестник Брянской ГСХА. 2010. № 2. С. 4-16.
15. Грунтович Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.
16. Грунтович Н. В., Алферов А. А., Колесников П. М. Типовые ошибки при вибродиагностировании энергетического оборудования. // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2010. № 1 (40). С. 72-81.
17. Грунтович Н. В., Грачек Н. И. Комплексное техническое диагностирование электротехнического оборудования – основа системы ремонтов «по состоянию». // Горный журнал. 2003. № 7. С. 67-69.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ГРУНТОВИЧ Н.В., ТРЕТЬЯКОВ Б.Б.

Аннотация: в статье представлены основные дефекты и методы диагностирования маслонаполненных трансформаторов.

Ключевые слова: маслонаполненные трансформаторы, обмотка, изоляция, частичные разряды, вибрация.

ANALYSIS OF PROBLEMATIC ISSUES IN THE EXPLOITATION OF OIL-FILLED TRANSFORMERS

GRUNTOVICH N.V., TRETYAKOV B.B.

Annotation: The main defects and basic methods of diagnostic oil-filled transformers are contained in article.

Keywords:

oil-filled transformers, winding insulation, partial discharge, vibration.

Введение. Организация проведения ремонтов трансформаторов по результатам технического диагностирования последние 10 лет характеризуется, как вяло текущий процесс.

Это объясняется следующими причинами:

- отсутствием современных знаний и даже низкой квалификации у лиц принимающих решения;
- недоверием к новой организации ремонта и нежеланием уходить от системы организации ремонта по регламенту из-за закладываемых значительных денежных средств на проведение ремонтных работ по старой схеме;
- недостаточным количеством, высокой стоимостью необходимых и эффективных приборов технического диагностирования;
- отсутствием знаний по технической диагностике у выпускников высших учебных заведений;
- низкой организацией повышения квалификации специалистов всех уровней по проблемам технической диагностики оборудования;
- низкой достоверностью проводимых диагностических работ.

При этом следует помнить, что активное техническое диагностирование позволяет решить такие важные задачи как:

- повысить надежность работающих трансформаторов;
- сократить время ремонтов;
- уменьшить количество запасных изделий предприятий (ЗИП);
- увеличить срок службы трансформаторов;

- значительно сократить стоимость ремонтных работ;
- исключить повторные дефекты.

Несмотря на то, что за последние годы широко используются компьютерные системы при сборе и анализе диагностических параметров, по-прежнему велика роль человеческого фактора в возникновении отказов, создаваемых в процессе проектировании, изготовлении и эксплуатации трансформаторов. Кроме того, среди специалистов нет единства мнений в терминологии в области технической диагностики и технического диагностирования. Техническая диагностика – это наука, которая исследует, разрабатывает методы, методики и приборы. Техническое диагностирование – это процесс выявления дефектов и определения технического состояния согласно существующим методикам и с помощью различных приборов.

Многие авторы не видят разницы между многопараметрическим и комплексным дифференциальным диагностированием объектов. При многопараметрическом диагностировании трансформаторов все факторы и параметры анализируются по отдельности. При комплексном диагностировании некоторые факторы и параметры следуют рассматривать при взаимном влиянии в узкой области трансформатора. В этом случае повышается достоверность диагностирования и изменяется численное значение браковочных характеристик.

Состояние проблемы. Проведенные исследования и активная работа с промышленными предприятиями, предприятиями электрических сетей показала, что трансформаторный парк, как в Беларуси, так и в России стареет. Следует отметить, что существующий парк силовых трансформаторов 35-330 кВ в своём большинстве находится в эксплуатации уже более 25 лет. Причём вводились в эксплуатацию в 70-е -80-е годы прошлого столетия. Соответственно, есть веские основания полагать, что существует значительный риск наличия определённого временного интервала, когда повреждения силовых трансформаторов могут принимать достаточно массовый характер, что будет связано со значительным материальным ущербом. Определение данного временного промежутка позволит оценить величину затрат инвестиционной программы [1]. По данным автора [2] доля повреждений при технологических нарушениях в эксплуатации маслонаполненного оборудования в 1996 г. составила 4,8%, 1997 г. – 5,4%, 1998 г. – 6,1%. Принято считать, что силовые трансформаторы имеют меньшую повреждаемость, чем другие виды основного оборудования. Исключение составляют печные трансформаторы металлургических заводов. По данным НИЦ “ЗТЗ – Сервис” отказы силовых трансформаторов – 110-330 кВ можно классифицировать следующим образом: электрический пробой обмотки; механическая деформация обмотки; термический износ обмотки; диэлектрический пробой; частичные или ползущие разряды главной изоляции обмоток и отводов; перегрев, искрение в масле; повышенный нагрев, механические повреждения в отводах (рис. 1); повреждение или частичные разряды (ЧР) в изоляции РПН; перегрев контактов РПН; механические нарушения устройства РПН трансформатора; пробой внутренней изоляции вводов; перегрев контактных соединений вводов [3,4] (таблица 1). По-нашему мнению, самыми опасными дефектами для трансформаторов являются частичные разряды (рисунок 2).

Статистическая оценка повреждений по базе аварийности НИЦ «ЗТЗ-Сервис» автотрансформаторов 167 МВА, 500 кВ, которых с 1965 года было выпущено около 700 шт., приведена в таблице 1. Из этого количества более 200 автотрансформаторов находятся в эксплуатации более 25 лет.

Средний возраст трансформаторов, у которых возникли повреждения за последние 5 лет, составлял 20,5 лет. При этом количество повреждений, связанных с критическим старением целлюлозной витковой изоляции не превышает 5%.

Данные исследований и опыт эксплуатации показывают, что значительная часть повреждений на сегодня происходит из-за старения изоляционных материалов. Происходит ли критический износ бумажной изоляции или снижение изоляционных характеристик, масло является одним из определяющих факторов.

В таблице 1 представлены результаты классификации повреждений силовых трансформаторов по месту повреждения и сроку наработки трансформатора до повреждения [5-17].

Обращает на себя рост отказов обмоток трансформаторов, число которых увеличивается в течение 16-39 лет эксплуатации (табл. 1.).

Таблица 1 – Распределение повреждений трансформаторов 35-110 кВ на группы по сроку наработки и месту повреждения

Место повреждения	Наработка, лет					Общее количество повреждений
	0-5	6-15	16-25	26-39	40 и более	
Обмотки	16	13	39	30	3	101
ПУ	8	10	18	23	5	64
Ввод	7	4	5	8	1	25
Магнитопровод	2	4	6	2	2	16
Система защиты масла	0	1	5	0	2	8
Бак и арматура	2	1	2	1	0	6
Система охлаждения	0	1	3	2	0	6
Другое	2	2	0	1	1	6
ИТОГО	37	36	78	67	14	232

Такая же ситуация с переключающими устройствами (ПУ). Отказы вводов, как правило, происходят первые 5 лет и через 30 лет эксплуатации.

Анализ причин выявленных внутренних повреждений показал, что наиболее частыми дефектами трансформаторов в энергосистеме Польши являются высокотемпературные местные перегревы, электрические и частичные разряды. Были случаи возникновения одновременно несколько типов внутренних дефектов.

Близкая статистика отказов и их характеры для польской энергосистемы [2].

Таблица 2 – Статистика отказов трансформаторов в польской энергосистеме

Тип дефекта	Доля отказов, %
Дефекты устройства РПН	35,2
Дефекты устройства ПБВ	2,5
Повреждение обмоток	22,6
Повреждение вводов	18,9
Наружные соединения	10,1
Течь масла	3,1
Сердечник и магнитопровод	1,9
Повреждение изоляции	0,6
Другие узлы	5,1



Рис. 1. Иллюстрация низкого качества изготовления ввода 330 кВ с RIP-изоляцией. Взрыв ввода в баке трансформатора (фото авторов работы с места аварии)



Рис. 2. Низкое качество ремонта трансформатора: загрязнение поверхности отдельных узлов трансформатора вызвало частичные разряды порядка 1000 пКл, сработала газовая защита (фото авторов работы с места аварии)

В таблицах 3 и 4 приведена статистика США по общему количеству отказов трансформаторов и дано распределение экономических потерь в связи с этим за 1997-2001 год (анализ проведен Международной ассоциацией инженеров – страховщиков) [6].

Анализ отказов трансформаторов показал, что наиболее частыми повреждениями силовых трансформаторов являются ниже перечисленные причины.

А) В обмотках:

- выгорание витков при длительно неотключаемых коротких замыканиях КЗ на низкой стороне напряжения с разрушением изоляции;
- деформации при КЗ с разрушением изоляции;
- увлажнение и загрязнение масла и поверхности обмоток, приводящее к пробое изоляции;
- пробой изоляции из-за снижения механической прочности обмоток.

Б) В магнитопроводе: локальный перегрев сердечников при возникновении контура КЗ, сопровождающийся интенсивным газом выделением, загрязнением масла и поверхности обмоток, с последующим высоким уровнем частичных разрядов ЧР.

В) Устройство РПН:

- нарушение контактов, искрение и подгар, или выгорание контактов;
- износ узлов кинематической схемы, приводящей к обгоранию контактов;
- износ бакелитового цилиндра, вызывающего дуговое короткое замыкание в устройстве РПН.

Г) Ввода: перекрытие изоляции негерметичных вводов из-за загрязнения;

- пробой изоляции, возгорания герметичных вводов из-за образования коллоидных частиц.

Д) Другие узлы:

- перегрев контактных соединений как внутри бака, так и снаружи бака;
- нарушение герметичности баков из-за износа сальников.

Таблица 3 – Количество повреждений трансформаторов и экономические потери

Год	Кол-во аварий	Суммарные потери, USD	Потери от повреждения оборудования, USD	Потери от перерывов в электроснабжении, USD
1997	19	40 779 507	25 036 673	15 742 834
1998	25	24 932 235	24 897 114	35 121
1999	15	37 391 591	36 994 202	397 389
2000	20	150 181 779	56 858 084	93 323 695
2001	15	33 343 700	19 453 016	13 890 684
Итого	94	286 628 811	163 239 089	123 389 722

Таблица 4 – Распределение экономических потерь и повреждений по причине их возникновения

Причина возникновения повреждения	Количество	Экономический ущерб, USD
Повреждения изоляции	24	149 967 277
Проектирование, материал, установка	22	64 696 051
Неизвестно	15	29 776 245
Загрязнение масла	4	11 836 367
Перегрузка	5	8 568 768
Возгорание/взрыв	3	8 045 771
Сетевые перенапряжения	4	4 959 691
Ошибки при обслуживании	5	3 518 783
Заливание водой	2	2 240 198
Плохие контакты	6	2 186 725
Удар молнии	3	657 935
Увлажнения изоляции	1	175 000
Итого	94	286 628 811

Контролируемые параметры маслонаполненных трансформаторов

В ПАО «МРСК Центра» – «Брянскэнерго» разработана компьютерная программа для поддержки методики при определении индекса состояния трансформаторов. В основу этой методики входят [7,8]:

а) Все параметры хроматографического контроля растворенных в масле газов. Дополнительно измеряется и записывается содержания азота, кислорода и фурановых соединений в масле.

б) Все параметры физико-химического анализа масла. Дополнительно измеряются и заносятся в базу данных компьютера: влагосодержание в твердой изоляции; температура обмотки и воздуха; атмосферное давление; $tg\delta$ диэлектрических потерь при 70 и 90 °С; содержания агидола. Не контролируется и не заносятся в базу данных результаты термографического обследования, параметры вибрации, частичные разряды, значение коэффициента полимеризации, значение коэффициента поляризации. Следует отметить, что в отдельных энергосистемах эти параметры контролируются и по ним проводится анализ.

На рисунке 3 представлены методы, диагностические параметры и дефекты трансформаторов. Только по газохроматографическому анализу проб масла возможно выявление более 20 дефектов.

Существуют множество методик для выявления дефектов по хроматолизу: расчёт отношений концентрации газов (методика МЭК 599 и IEEE); методика Роджерса, методика Шлизингера, методика Дарментбурга, методика Дюваля, методика Давиденко И. В. (Россия).

Тем не менее, достоверность выявления дефектов не всегда высокая. Этому несколько причин: трансформаторное масло получают при перегонке нефти и трансформаторное масло – многофракционный продукт. Соответственно, под воздействием частичных разрядов и локальных перегревов возни-

кают новые фракции, которые создают помехи при хроматографическом анализе. Последнее было выявлено авторами случайно при проведении экспериментов по диагностированию локальных перегревов.

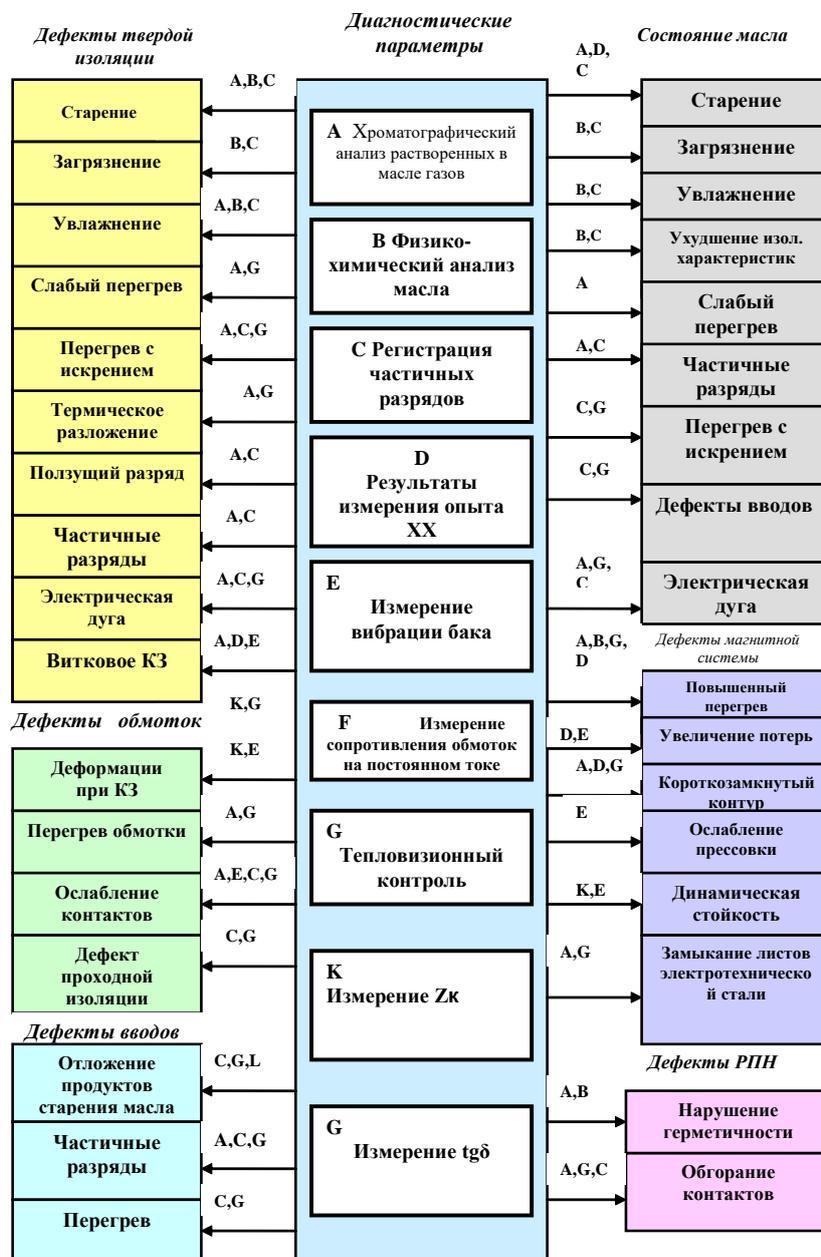


Рис. 3. Представление дефектов их признаков и способов диагностирования

Выявление дефектов по результатам вибродиагностики

Существующая практика вибродиагностирования трансформаторов по общему уровню в диапазоне до 1000 Гц не может обеспечить высокую достоверность при выявлении дефектов. Проведенные авторами эксперименты на различных трансформаторах показали, что в диапазоне до 1000 Гц во многих случаях вибрация изменяется незначительно, хотя в области 1500-5000 Гц из-

менение амплитуды вибрации значительно. На рисунке 4 приведены спектры вибрации трансформатора фирмы Siemens. Резкое увеличение амплитуды на частотах 1500 Гц, 3050 Гц, 3950 Гц и 5000 Гц свидетельствуют о наличии дефектов. В данном случае возможные дефекты маслонасосов или ослабление крепления внутри бака.

На рисунке 5 представлены спектры вибрации бака трансформатора сталеплавильной печи. Датчики вибрации ставились на фазы А, В, С. Как следует из рисунка 5, спектры вибрации существенно отличаются и указывают на снижение динамической стойкости обмоток, ослабления крепления различных шин внутри бака.

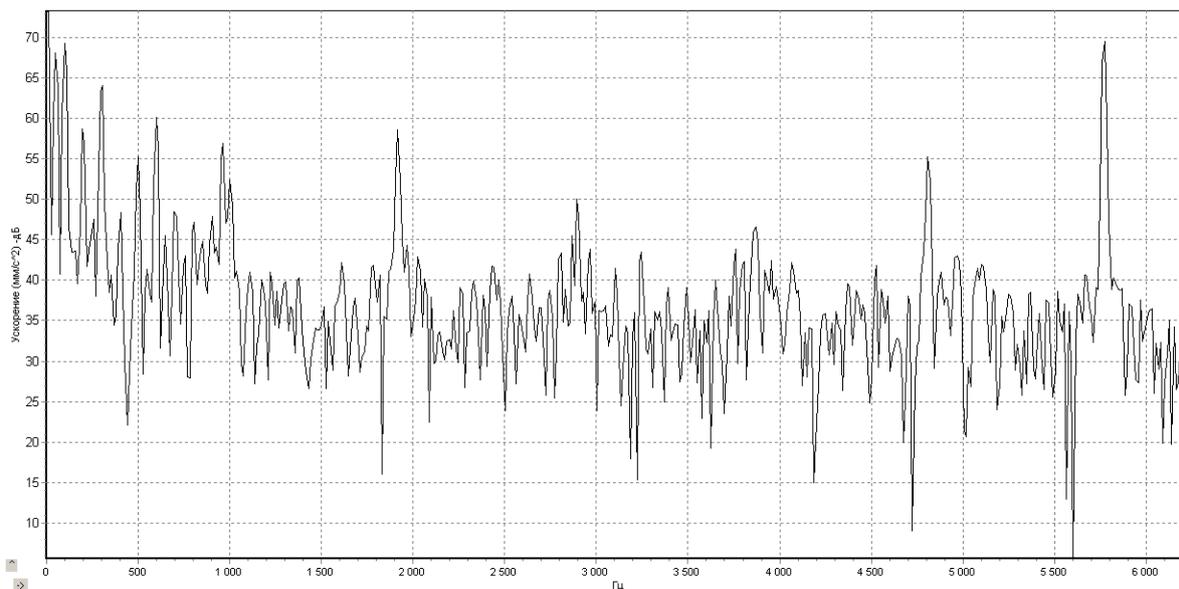


Рис. 4. Вибрация бака трансформатора фирмы «Siemens» на ГПП нефтеперекачивающей станции (фаза С, низкая сторона)

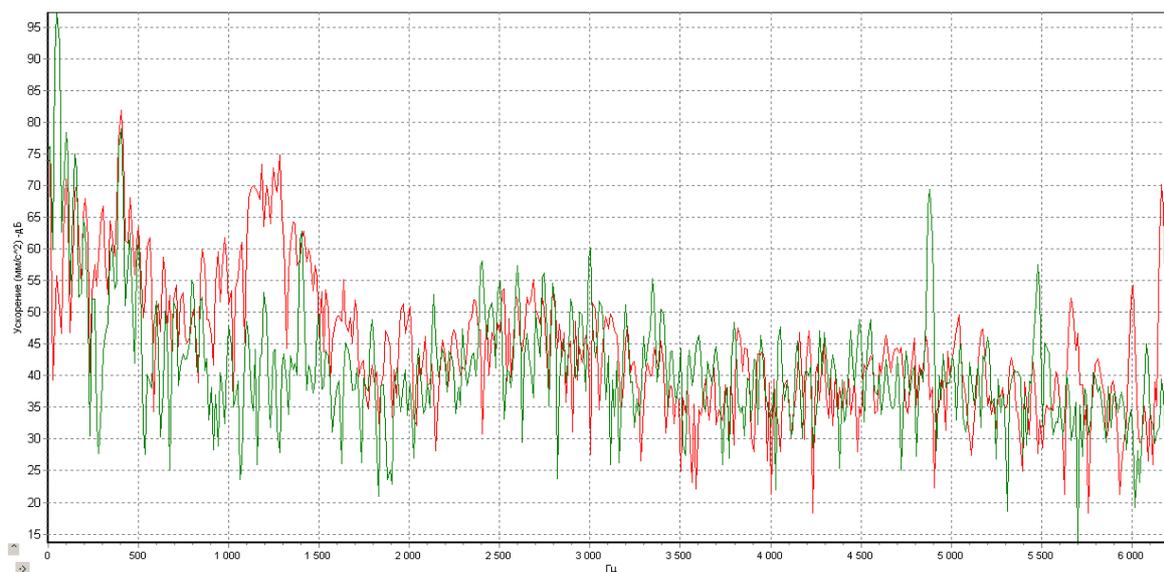


Рис. 5. Вибродиагностирование трансформатора ТЗ подстанции металлургического завода (фаза – С, середина, низкочастотным датчиком, зеленым – 1-ое измерение, красным – 2-ое измерение)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Роль человеческого фактора в возникновения отказов маслонаполненных трансформаторов велика и составляет 100%: 15-20% проектные и конструктивные ошибки, 80%-результат низкой квалификации специалистов различных уровней в процессе эксплуатации. Принимая участие в расследовании отказов трансформаторов после ремонта, складывается впечатление, что как специалисты заказчика, так и специалисты ремонтного предприятия игнорируют научно-инженерные разработки в области организации эксплуатации на основе современных методов технического диагностирования.

2. Несмотря на большое разнообразие методик для выявления дефектов по результатам хроматографического анализа газов в масле, не всегда достигается высокая достоверность диагностирования. Этому несколько причин: многофракционность масла (состав фракций меняется в процессе эксплуатации под воздействие частичных разрядов и локальных перегревов); специалисты лабораторий пользуются, как правило, одной методикой при анализе. Без применения других способов при локализации частичных разрядов, перегревов, электрической дуги, задача повышения достоверности не будет решена.

3. Проведенные авторами исследования по вибродиагностированию дефектов в трансформаторах показали, что измерение вибрации по общему уровню в диапазоне 10-1000 Гц является недостаточным и не всегда достоверным.

4. Существующая статистика отказов не является информативной, так как отсутствует причинно-следственная связь «дефект-признак», что не позволяет качественно осуществлять прогноз отказов и их предупреждение.

5. Большой процент отказов обмоток трансформаторов обусловлен разнообразием воздействующих факторов, которыми являются:

- вибрация обмотки;
- локальные перегревы свыше 140 °С;
- миграция влаги в твердую изоляцию;
- кислотность масла и частичные разряды;
- статическая электризация масла, обусловленная работой маслонасоса;
- короткие замыкания в сети и загрязнения масла;
- перегрузка трансформатора, особенно большие импульсные нагрузки.

Наибольшую опасность для изоляции и обмотки в целом представляют наличие в трансформаторе одновременно нескольких из перечисленных выше факторов.

6. Отказы высоковольтных вводов приводят к тяжелым повреждениям трансформаторов: возгорание вводов, разрушение бака с вытеканием масла. Особенно большие проблемы создали Белорусской энергосистеме сухие вводы на 330 кВ с RIP – изоляцией. Одной из причин потери свойств масла вводов БИМ является низкое техническое обслуживание этих важнейших узлов трансформатора. Отсутствует диагностика вводов и последующая замена в них масла. По данным СИГРЭ отказы вводов в Европе составляет 12%, а в России-30-37%.

7. Проведенный авторами анализ аварий и отказов маслонаполненных трансформаторов показывает, что самыми опасными дефектами являются частичные разряды, которые вызывают взрывы и возгорания вводов и трансформаторов тока, короткие замыкания в обмотках.

8. Повышение надёжности трансформаторов и достоверности результатов диагностирования возможны после разработки системного анализа в эксплуатации маслонаполненных трансформаторов на основе комплексного дифференциального диагностирования. Системный анализ - это совокупность методов, методик, процедур, правил применяемых в системных исследованиях электрооборудования.

Литература

1. Белоус Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 2. С. 4-16.

2. Алексеев Б. А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М.: Изд-во НЦ ЭНОС. 2002. 211 с.

3. Статистическая оценка повреждений по базе аварийности НИЦ «ЗТЗ – Сервис». Материалы международной НТК, Екатеринбург, 2013.

4. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Самородский П. А. Теоретические исследования старения изоляции электрических машин. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2010. №1(9). С.61-67.

5. Давиденко И. В. и др. Вопросы анализа надежности трансформаторного оборудования 35-110 кВ. Материалы международной НТК, Екатеринбург, 2013.

6. Бартли У. Обзор повреждений трансформаторов. // Энергия и менеджмент. 2011. №1. С. 40-43.

7. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е издание, РД 34.45-51. 300-97. М.: НЦ ЭНАС, 2001.

8. Грунтович, Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие. Минск: Новое издание; М.: ИНФА–М, 2013. 271 с.

9. Жорняк Л. Б. и др. Основные направления улучшения качества высоковольтных вводов оборудование энергосистем. // Электротехника I электромеханика, 2008. №3. С. 17-21.

10. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

11. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Самородский П. А. Повышение безопасности и эксплуатационной надежности сельскохозяйственных электроустановок. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (2013). С. 40-41.

12. Безик В. А., Маркарянц Л. М., Алексанян И. Э. Экспериментальные исследования комбинированного устройства защиты. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2013. С. 3-8.

13. Белоус Н. М. Труд во имя будущего. // Аккредитация в образовании. 2013. № 6 (66). С. 56-57.

14. Белоус Н. М. Брянская государственная сельскохозяйственная академия 30 лет на службе образования и науки. // Агрехимический вестник. 2011. № 3. С. 2.

15. Безик В. А., Маркарянц Л. М., Алексанян И. Э. Экспериментальные исследования комбинированного устройства защиты. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2013. С. 3-8.

16. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Самородский П. А. Анализ работоспособности устройства контроля сопротивления изоляции и сушки обмоток электродвигателя. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2013. С. 51-54.

17. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

УДК 621.311

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАЗВИТИЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕГО МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ГРУНТОВИЧ Н. В., ЖУКОВЕЦ С. Г.

Аннотация: статья посвящена методам диагностирования энергоэффективности промышленных производств. Предложена система управления энергоэффективностью для технологических систем со сложной взаимосвязью между энергетикой и технологией. Ключевой элемент системы управления энергоэффективностью – модель общего (удельного) расхода любого энергоресурса от воздействующих факторов. Модель позволяет сформировать методическое обеспечение диагностирования и прогнозирования энергоэффективности в технологических системах.

Ключевые слова: диагностирование энергоэффективности, моделирование энергопотребления, коэффициент чувствительности модели по энергоэффективности.

DIAGNOSIS OF ENERGY EFFICIENCY AND DEVELOPMENT CORRESPONDING METHODOLOGICAL SUPPORT

GRUNTOVICH N.V., ZHUKOVETS S. G.

Annotation: The article is devoted to methods of energy efficiency management and forecasting. The management system for energy efficiency control in technology systems characterized by a complex interaction of electric power consumption and technology has been developed. The key element of management system for energy efficiency control is a total consumption model of any energy resources from the influencing factors. The model allows forming methodical maintenance of diagnostics and prediction in technological systems.

Keywords: energy efficiency, industrial production, energy savings, energy efficiency, specific energy consumption.

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов. Техническое диагностирование – определение технического состояния объектов. Занимаясь активно анализом энергоэффективности промышленных предприятий мы всегда решаем задачу диагностирования энергетической эффективности [1-4]. Диагностирование энергетической эффективности – это, во-первых, оценка текущего состояния энергетической эффективности технической системы, а во-вторых – это прогнозирование ее изменения во времени при учете влияющих факторов. В качестве показателей ЭЭФ определены абсолютные или удельные величины потребления ТЭР на производство единицы продукции. Удельные расходы ТЭР на выпуск продукции необходимы для расчета энергетической составляющей затрат в структуре себестоимости продукции (работ, услуг) и используются для оценки ЭЭФ конкретного вида продукции (работ, услуг) у производителя [1]. Поэтому развитие методического обеспечения для повышения качества диагностирования и прогнозирования ЭЭФ современных производств является актуальной задачей.

Эта проблема особенно актуальна для промышленных предприятий, работающих с переменной технологической нагрузкой в условиях модернизации технологического процесса [1-4]. Основой для развития методической базы диагностирования, прогнозирования и управления ЭЭФ могут быть одно-, многофакторные регрессионные модели удельного расхода энергоресурса или даже суммарных энергозатрат, если мероприятие затрагивает два энергоресурса, например газ и электрическую энергию. Имеется положительный опыт использования математической модели электропотребления для предприятий транспорта нефти [3], технологических систем водоснабжения и водоотведения, производств по выпуску листового стекла. Математическая модель для которых была представлена в виде трех, – двухфакторного аддитивного уравнения регрессии на выбранный интервал выпуска продукции, где каждый из факторов является многопараметрической характеристикой подсистемы, участвующей в формировании электропотребления технологической системы в целом. На основе модели был

разработан метод оценки экономии энергии от проведения энергосберегающих мероприятий в технологическом процессе предприятий, учитывающий сложную взаимосвязь между электропотреблением и технологией с использованием коэффициентов эластичности аддитивной регрессионной модели электропотребления, позволяющий дифференцировать влияние каждого фактора на экономию энергии, учитывать изменение состояния технологической системы при оценке экономии энергии [3]. Следует отметить, что указанные технологические системы являются сложными техническими системами состоящими из нескольких подсистем тесно связанных между собой и оказывающих значительное влияние на электропотребление системы в целом. Такую техническую систему можно классифицировать как потребителя ТЭР со сложной взаимосвязью между энергетикой и технологией. Функционирование такой системы определяется характером взаимосвязей между ее подсистемами, а также внешними и внутренними «возмущающими» воздействиями. Такая технологическая система, как объект управления ЭЭФ, не является простой суммой входящих в него структур, а имеет свои индивидуальные свойства и закономерности развития, отличные от закономерностей функционирования отдельных подсистем и элементов, входящих в систему [5-7]. Именно учет указанных особенностей стал возможен посредством разработки регрессионных моделей, описывающих потребление ТЭР и создания на их основе системы прогнозирования, оценки экономии ТЭР, диагностирования показателей ЭЭФ, что, в конечном итоге, позволило повысить энергоэффективность управления потреблением ТЭР.

Для большинства же потребителей ТЭР технологическая подсистема может быть представлена подсистемами более низкого уровня: сырьевые ресурсы, технологическое оборудование. Поскольку качественные и количественные показатели технологического оборудования относительно стабильны на сравнительно небольших отрезках времени (год–два), и используемое сырье также обладает относительно устойчивыми характеристиками, то и модель для прогнозирования ЭЭФ, нормирования расхода ТЭР для таких потребителей будет представлять собой зависимость энергопотребления только от объемов выпускаемой продукции. Взаимосвязь между энергетикой и технологией будет носить простой характер.

С точки зрения решения задач управления ЭЭФ к потребителям ТЭР с простой взаимосвязью между энергетикой и технологией предложено отнести систему, расход ТЭР которой описывается через подсистему конечной продукции, влияние же других подсистем на электропотребление пренебрежимо мало. Для диагностирования и прогнозирования ЭЭФ таких потребителей может быть использована однофакторная модель зависимости общего (удельного) расхода энергоресурса(ов) от объема выпущенной продукции. Для указанной группы потребителей ТЭР пренебрежение фактора «изменения объема выпущенной продукции», в первую очередь, и влечет за собой грубые ошибки при оценке ЭЭФ от внедряемых мероприятий.

Низкое качество диагностирования и прогнозирования показателей ЭЭФ современных производств обуславливается рядом причин, основными из которых являются:

- неучет соотношения постоянной составляющей энергопотребления (не зависящей от объемов производства предприятия) и технологической составляющей;
- неучет структуры внедряемых мероприятий по энергосбережению (мероприятия, направленные на снижение условно-постоянной составляющей расхода ТЭР и мероприятия, направленные на снижение технологической составляющей расхода ТЭР);
- неучет динамики производственной программы;
- неучет старения и износа технологического оборудования в процессе его эксплуатации.



Рис. 1. Организация системы диагностирования, прогнозирования и управления ЭЭФ

В Российской Федерации в качестве индикаторов ЭЭФ, наряду с широко используемыми в РБ удельным расходом энергоресурсов на единицу выпускаемой продукции и энергетической составляющей себестоимости продукции, используется постоянная составляющая энергопотребления, не зависящая от объемов производства предприятия.

Именно наличие условно-постоянной составляющей расхода энергоресурсов в общем потреблении ТЭР определяет гиперболический характер зависимости удельных расходов ТЭР от объемов производства и имеет известный

вид для потребителей с простой (или сводящейся к ней) взаимосвязью между энергетикой и технологией (рис. 2):

$$W_{\text{уд, топл.}} = w_{\text{уд,техн}} + W_{\text{усл.-пост}}/\Pi \quad \text{т у.т./ед. прод.,}$$

для ЭЭ

$$W_{\text{уд, ЭЭ}} = w_{\text{уд,техн}} + W_{\text{усл.-пост}}/\Pi \quad \text{кВт·ч/ед. прод.,}$$

где $W_{\text{усл.-пост}}$ – составляющая потребления энергоресурса, не зависящая от объема выпускаемой продукции, т у.т. (кВт·ч);

$w_{\text{уд,техн.}}$ – технологический удельный расход энергоресурса на выпуск единицы продукции;

Π – объем производства продукции, ед. изм.



Рис. 2. Простейшая модель зависимости удельного расхода электрической энергии в зависимости от объема выпуска продукции

Коэффициент регрессии при этом отражает степень влияния фактора на величину потребления энергоресурса, а свободный член уравнения включает в себя расход энергоресурса не зависящий ни от одного из факторов. Условно-постоянная составляющая расхода энергоресурса во многом зависит от вида энергоресурса и технологических особенностей производства. Традиционно, для ЭЭ к условно-постоянной составляющей расхода относят затраты ЭЭ на освещение, вентиляцию, вспомогательные производственные нужды (вспомогательные цеха, связанные с ремонтом различного оборудования, складские помещения, административно-бытовые помещения). Однако для производств, имеющих в технологическом процессе, например, печное оборудование, в технологическом расходе ЭЭ также можно выделить условно-постоянную составляющую, которая связана с разогревом и поддержанием в работоспособном состоянии технологического оборудования. Для топлива, например, природного газа, который используется в технологии цементных производств, а также про-

изводства стекла, условно-постоянная составляющая также определяется затратами энергоресурса на поддержание печей в работоспособном состоянии. То есть в условно-постоянной составляющей расхода энергоресурса четко выделяется технологическая условно-постоянная составляющая. Условно-постоянная составляющая определяется, в первую очередь, сезонным фактором, количественными и качественными характеристиками оборудования ее определяющими. Ее вес в общем расходе энергоресурса может значительно варьироваться в зависимости от загрузки производства (таблица 1).

Наличие условно-постоянной составляющей в расходе энергоресурса определяет [1]:

- регулировочную способность по ЭЭФ за счет изменения объема выпуска продукции (горизонтальное регулирование);
- текущее состояние ЭЭФ;
- эффективность внедряемых мероприятий по энергосбережению.

Таблица 1 – Результаты оценки доли условно-постоянной составляющей расхода ТЭР в общем его расходе для различных производств

Наименование продукции	Вид энергоресурса	Отношение W _{усл.-пост.} /W _{общ.} при минимальном объеме выпуска продукции, %	Отношение W _{усл.-пост.} /W _{общ.} при максимальном объеме выпуска продукции, %
Производство метанола	ТЭ	55,78	18,57
Производство капролактама	ЭЭ	66,67	15,19
Листовое стекло	Газ	10,26	1,48
Сверхкрупногабаритные шины	ТЭ	80,00	60,42
Сверхкрупногабаритные шины	ЭЭ	80,00	64,90
Выпуск пресс-форм	ЭЭ	38,46	35,96
Изделия из пластмассы	ЭЭ	25,00	4,54
Обувь	ЭЭ	32,00	29,89
Швейные изделия	ЭЭ	83,33	24,12

Последнее особенно важно, так как неоспоримым является факт, что при внедрении казалось бы эффективных технологий, эффект от внедряемых мероприятий значительно ниже прогнозных значений либо не достигается вообще.

Разработаны методы и уточнены критерии диагностирования ЭЭФ промышленных потребителей, функционирующих в условиях внешних и внутренних воздействий. Предложено и апробировано на ряде предприятий Республики Беларусь использование двух методов (взаимно дополняющих друг друга) для диагностирования текущего состояния ЭЭФ (таблица 2):

- с использованием регрессионных моделей зависимости потребляемого энергоресурса от влияющих факторов;

– с использованием структурных моделей суточного удельного расхода энергоресурса (кластеризация суточной статистики показателей на годовом интервале).

С использованием однофакторных моделей потребления ТЭР в зависимости от объема выпуска продукции определена доля условно-постоянной составляющей расхода ТЭР в общем объеме энергоресурса. Установлено, что из 116 производств 54 имеют вес условно-постоянной расхода ТЭР свыше 40%. Для указанной группы производств эффективность внедренных мероприятий по энергосбережению будет очень сильно зависеть от загрузки производства.

На рисунке 3 представлено поле разброса условно-постоянной составляющей расхода энергоресурса от общего потребления при максимальном объеме выпуска продукции.

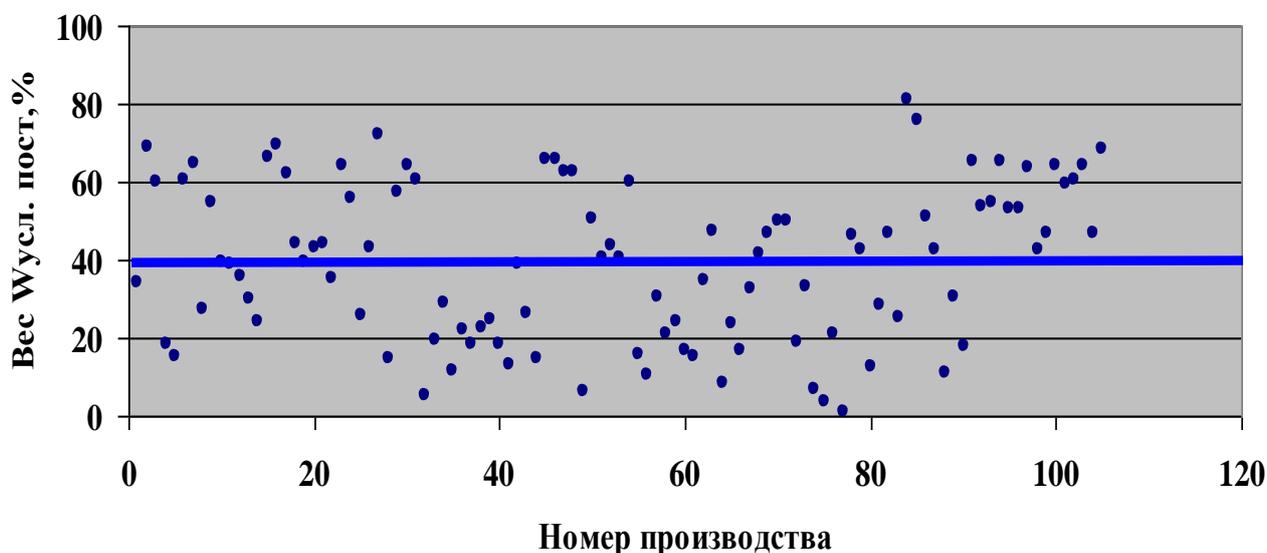


Рис. 3. Поле разброса веса условно-постоянной расхода энергоресурса от общего его потребления при максимальном объеме выпуска продукции, %

Предложен новый критерий диагностирования ЭЭФ – коэффициент чувствительности ЭЭФ (**КЧ ЭЭФ**):

$$\text{КЧ, о.е.} = \Delta\text{ЭЭФ}/\Delta\text{П},$$

где $\Delta\text{ЭЭФ}$ – потенциал горизонтального повышения ЭЭФ относительно минимального объема выпуска продукции, %;

$\Delta\text{П}$ – рабочий диапазон отклонения выпуска продукции от минимального значения, %.

Данный показатель оценивает темп роста ЭЭФ (снижение удельного расхода энергоресурса) при увеличении объема выпуска продукции. Установлено, что **КЧ ЭЭФ** находится в диапазоне от 0 до – 0,9. Близкое к 0 значение КЧ указывает, что на изменение удельного расхода производства изменение объема выпуска продукции практически не оказывает влияние и резерв горизонтально-

го регулирования ЭЭФ (за счет повышения загрузки технологического оборудования) практически исчерпан. Производства, у которых КЧ по ЭЭФ $< -0,2$ должны быть объектами пристального внимания энергоаудиторов, поскольку эффект от внедряемых мероприятий по энергосбережению будет сильно зависеть от существующего уровня загрузки производства. В целом такие производства имеют высокий потенциал повышения ЭЭФ, обусловленный загрузкой оборудования и ростом производственной программы. В таблице 2 представлены результаты ранжирования КЧ ЭЭФ для выборки из 116 производств различных отраслей промышленности.

Таблица 2 – Методы, используемые для диагностирования ЭЭФ

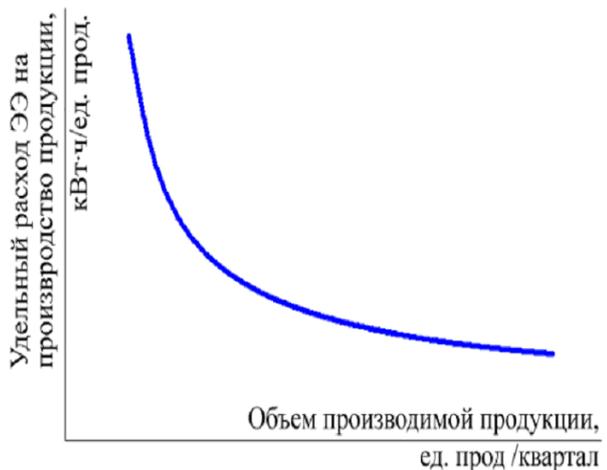
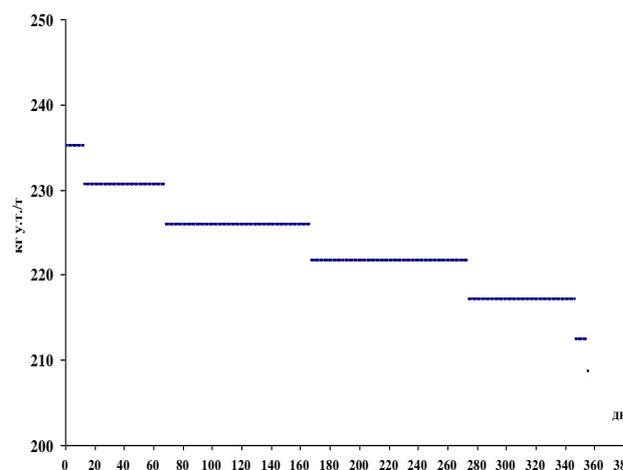
	
<p>Задачи, решаемые с использованием однофакторной модели потребления ТЭР в зависимости от объема выпуска продукции</p> <ul style="list-style-type: none"> – диагностирование энергоэффективности существующих режимов производства; – прогнозирование Вуд ТЭР в условиях изменяющейся производственной программы; – оценка горизонтального (за счет роста загрузки технологического оборудования) потенциала повышения ЭЭФ; – оценка эффективности внедрения энергосберегающих мероприятий. 	<p>Задачи, решаемые с использованием структурных моделей удельного расхода ТЭР:</p> <p>диагностирование ЭЭФ режимов производства: визуальная оценка структуры удельных расходов ТЭР и выявление, как нестандартных режимов работы, так и наиболее эффективных с оценкой их продолжительности.</p> <ul style="list-style-type: none"> – оценка вертикального (за счет управления технологическим процессом) потенциала ЭЭФ (критерий – чистота класса – внутриклассовый к-т вариации).

Таблица 3 – Результаты ранжирования КЧ по ЭЭФ 116 ПП

Диапазон изменения КЧ ЭЭФ, о.е.	Количество ПП, ед.	Среднее значение КЧ ЭЭФ в группе, о.е.
до - 0,06	10	-0,028
от - 0,06 до - 0,1	16	-0,08
от - 0,1 до - 0,2	39	-0,15
от - 0,2 до - 0,3	12	-0,23
от - 0,3 до - 0,4	19	-0,34
от - 0,4 до - 0,6	14	-0,48
Ниже - 0,6	6	-0,73

На рисунке 4 представлено поле зависимости КЧ ЭЭФ от вариации диапазона выпуска продукции для 116 производств.

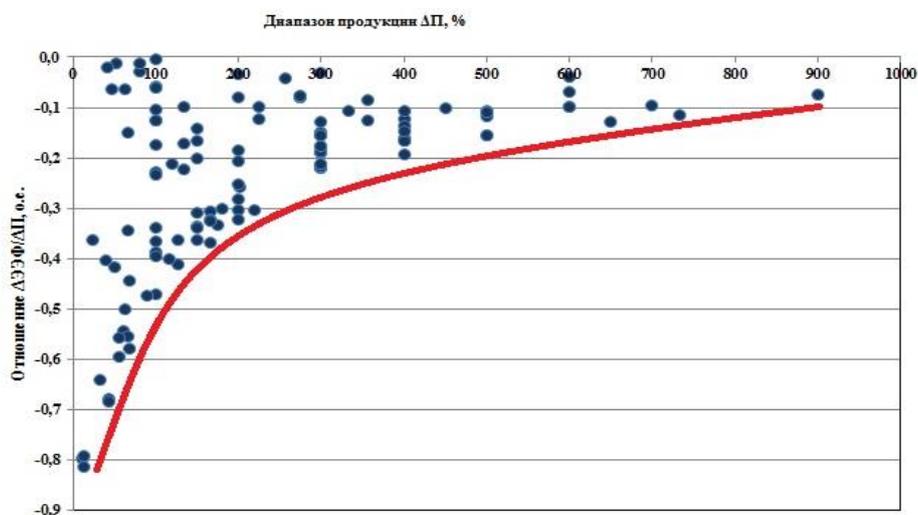


Рис. 4. Поле зависимости КЧ по ЭЭФ от диапазона выпуска продукции 116 производств

Если КЧ ЭЭФ $\rightarrow -1$, то изменение 1% объема выпуска продукции в сторону его увеличения вызовет такое же изменение (в %) соотношения условно-постоянной составляющей и технологической составляющих расхода ТЭР. Следовательно, для таких производств даже при небольшом изменении загрузки оборудования доля условно-постоянной составляющей ТЭР в общем его расходе будет существенно снижаться.

Как видно из рисунка 4, шесть производств имеют КЧ ЭЭФ $< -0,6$. Для указанных производств основным источником энергии, который используется для выпуска продукции, является природный газ и эффект от горизонтальной регулировочной способности будет максимальным, что является особенно актуальным в условиях высокой стоимости природного газа.

И еще один немаловажный аспект. Диагностирование ЭЭФ, выработка управляющих воздействий при ее управлении невозможны без достоверной статистической информации и соответствующего методического обеспечения, что требует дальнейшего развития системы управления ЭЭФ. Необходимой и назревшей проблемой является внедрение на предприятиях (с потреблением свыше 25000 т у.т.) современных компьютерных интеллектуальных систем технического учета и управления потреблением ТЭР. В первую очередь потребуются разработка пакета прикладных компьютерных программ интеллектуальной системы технического учета и управления для решения задач регламентного контроля энергоэффективности на предприятиях в реальном масштабе времени. В короткие сроки должны быть созданы на отдельных предприятиях демонстрационные зоны интеллектуальной системы технического учета и управления потреблением ТЭР.

Основными задачами интеллектуальной системы технического учета являются:

- представление информации диспетчерам и технологам для принятия оптимальных решений на основе интеллектуальной системы поддержки принятия решений;
- прогнозирование удельного расхода ТЭР в зависимости от планируемого выпуска продукции;
- оптимальное прогнозирование и планирование потребления ТЭР;
- регламентный контроль ЭЭФ ежеквартально или по усмотрению предприятия (автоматизированное энергетическое обследование специалистами предприятия вместо энергетического обследования один раз в пять лет);
- управление потреблением ТЭР на основе целевых функций;
- контроль энергоемкости продукции;
- определение потенциала энергосбережения на основе дифференциального показателя энергоэффективности;
- определение и корректировка прогрессивных удельных норм расхода ТЭР на основе статистических моделей;
- оперативное диагностирование энергопотоков;
- контроль и оптимизация режимов работы оборудования с помощью математических моделей;
- оптимизация технико-экономических показателей котельных и компрессорных станций.

ВЫВОДЫ

1. Развитие методического обеспечения диагностирования текущего состояния и прогнозирования энергоэффективности технологических систем со сложной взаимосвязью между энергетикой и технологией должно быть основано на аддитивных многофакторных регрессионных моделях общих и удельных расходов энергоресурса от влияющих факторов.

2. Число факторов, включаемых в модель для каждой технологической системы определяется во многом как наличием, так уровнем развития автоматизированных систем управления технологических процессов (АСУ ТП).

3. Модели общего (удельного) расхода энергоресурса от воздействующих факторов позволяет:

- диагностировать энергоэффективность существующих режимов производства;
- прогнозировать удельные и общие расходы энергоресурса в условиях изменяющейся производственной программы и прочих влияющих факторов;
- производить оценку горизонтального (за счет роста загрузки технологического оборудования) потенциала повышения ЭЭФ;
- оценивать эффективность внедрения энергосберегающих мероприятий.

4. Предложен новый критерий диагностирования ЭЭФ – коэффициент чувствительности ЭЭФ (КЧ ЭЭФ). Данный показатель оценивает темп роста ЭЭФ (снижение удельного расхода энергоресурса) при увеличении объема выпуска продукции.

Литература

1. Грунтович Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. // Энергоэффективность, 2014. №4. С. 16-20.
2. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.
3. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики. // «Энергоэффективность», 2008. № 3. С.6-10.
4. Анищенко В. А. Оценка и нормирование показателей энергоэффективности предприятий трубопроводного транспорта нефти. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. 233 с.
5. Белоус Н. М., Ториков В. Е. Стратегия инновационного развития научных исследований в Брянской государственной сельскохозяйственной академии. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 2. С. 4-16.
6. Перегудов Ф. И. Введение в системный анализ: учеб. пособие для вузов. Москва: Высш. шк., 1989. 367 с.
7. Лэддон Л. С., Первозванской Т. Н., Шалабина Г. В. Оптимизация больших систем. Москва: Наука, 1975. 432 с.
8. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Философский принцип системности и системный подход. // Вопросы философии. 1978. № 8. С. 39–52.
9. Грунтович Н. В., Чаус О. В. О некоторых способах получения информации в условиях неопределенности: детерминистические и стохастические аспекты. // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2012. № 3 (50). С. 99-106.
10. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2008. № 3. С. 6.
11. Безик В. А., Маркарянц Л. М., Алексанян И. Э. Экспериментальные исследования комбинированного устройства защиты. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2013. С. 3-8.
12. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Самородский П. А. Анализ работоспособности устройства контроля сопротивления изоляции и сушки обмоток электродвигателя. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2013. С. 51-54.
13. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИК НА ВРАЩАЮЩИЕСЯ МАШИНЫ

БАШЛЫКОВ В.А., КОВАЛЕВ В.В.

Аннотация. Рассмотрено влияние высших гармонических составляющих напряжения сети на работу электрических машин. Исследовано влияние синусоидального и несинусоидального напряжения на потери в асинхронных двигателях и двигателях постоянного тока. Также рассмотрено влияние гармонических составляющих на моменты вращения асинхронного двигателя.

Ключевые слова: высшие гармоники напряжения и тока; схема замещения асинхронного двигателя с учётом высших гармоник; потери момента в электрических машинах.

INFLUENCE HARMONICS OF ROTATING MACHINES

BASHLIKOV V.A., KOVALEV V.V.

Annotation. Influence of higher harmonic constituents of tension of network is considered on work of electric machines. Influence of sinewave and nonsinusoidal tension is investigational on losses in asynchronous engines and engines of directcurrent. Influence of harmonic constituents is also considered on the moments of rotation of asynchronous engine.

Keywords: ultraharmonics of tension and current; chart of substituting for an asynchronous engine taking into account an ultraharmonics; losses of moment are in electric machines.

Потери электроэнергии. Гармоники напряжения и тока приводят к дополнительным потерям в обмотках статора, в цепях ротора, а также в стали статора и ротора. Потери в проводниках статора и ротора при этом больше, чем определяемые омическим сопротивлением, из-за вихревых токов и поверхностного эффекта. Токи утечки, вызываемые гармониками в торцевых зонах статора и ротора, приводят к дополнительным потерям.

В случае асинхронного двигателя с ротором со скошенными пазами и пульсирующими магнитными потоками в статоре и роторе высшие гармоники вызывают дополнительные потери в стали. Значение этих потерь зависит от угла скоса пазов и характеристик магнитопровода.

Влияние формы кривой напряжения на потери в асинхронном двигателе показано в [1] на примере двигателя мощностью 16кВт, работающего с полной нагрузкой при частоте сети 50 Гц и номинальном напряжении. При синусоидальной форме кривой напряжения полные потери составили 1,303 кВт, а при квазипрямоугольной форме 1,6 кВт.

Среднее распределение потерь от высших гармоник в двигателе постоянного тока, питающегося от выпрямителя, составляет: обмотки статора 14,2%, цепи якоря 41,2%, торцовые зоны 18,8%, потери в пазах 25,8%.

За исключением последней составляющей потерь, их распределение в синхронных машинах приблизительно аналогично. Следует отметить, что соседние нечетные гармоники в статоре синхронной машины вызывают в якоре гармонику одинаковой частоты. Например, 5-я и 7-я в статоре вызывают в якоре гармоники тока 6-го порядка вращающиеся в разные стороны. Для линейных систем средняя плотность потерь на поверхности якоря пропорциональна $(I_5^2 + I_7^2)$, однако из-за разного направления вращения плотность потерь в некоторых точках пропорциональна $(I_5 + I_7)^2$.

Дополнительные потери – наиболее серьезный эффект, вызываемый гармониками во вращающихся машинах. Они приводят к повышению общей температуры машины и к местным перегревам, наиболее вероятным в роторе. Двигатели с ротором типа «беличья летка» допускают более высокие потери и температуру, если это не приводит к недопустимой температуре статора; поэтому двигатели с фазным ротором более чувствительными. Некоторые технические руководства [2] ограничивают допустимый уровень тока обратной последовательности 10%, а уровень напряжения обратной последовательности на вводах асинхронных двигателей 2%. Допустимость гармоник определяют по тому, какие уровни напряжений и токов обратной последовательности они создают.

Моменты вращения, создаваемые гармониками. Эквивалентная схема замещения асинхронного двигателя на частоте любой гармоники приведена на рис.1, на котором все параметры соответствуют фактическим частотам токов в обмотках.

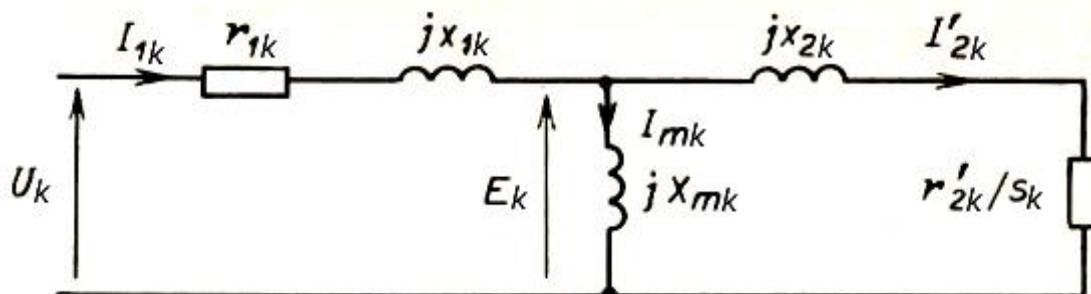


Рис. 1. Однофазная схема замещения асинхронного двигателя на частоте k – той гармоники

Ток гармоники в статоре вызывает движущую силу, приводящую к появлению вращающихся моментов в направлении вращения магнитного поля гармоники. Поэтому вращающиеся моменты, создаваемые гармониками, образующими прямую последовательность, совпадают с направлением вращения ротора, а образующие обратную последовательность направлены противоположно.

При токе I_k вращающий момент на фазу составит на частоте гармоники $I_{k2}(r'_{2k}/s_k)$ Вт, где s_k –скольжение. Приведенный к основной частоте момент

$$M_k = (I_{k2}'/k)(r_{2k}'/s_k). \quad (1)$$

Так как $S_k \approx 1$, вращающий момент в относительных единицах

$$M_k = (I_{k2}'/k)r_{2k}' \quad (2)$$

Где I_{k2}' и r_{2k}' также выражены в относительных единицах.

Используя соотношения $U_k = I_k Z_k$ и $Z_k = k X_I$ преобразуем (2) к виду

$$M_k = (U_k^2/k^2)(r_{2k}'/X_I^2). \quad (3)$$

Так как значение скольжения для токов всех гармоник практически одинаково, относительные моменты весьма малы, к тому же они частично компенсируются вследствие различного направления. Поэтому влияние их на средний момент пренебрежительно мало [3].

Вместе с тем они могут привести к значительной вибрации вала [4].

Литература

1. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий М. Энергоатомиздат, 2008. 324 с.
2. ГОСТ 13109-07 нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения М.: Стандартинформ, 2011. 6 с.
3. Высшие гармоники в электрических системах. М. Энергоатомиздат, 2011. 214 с.
4. Переходные процессы в электрических машинах и аппаратах М. Высшая школа, 2001. 214 с.
5. Грунтович Н. В., Алферов А. А., Колесников П. М. Типовые ошибки при вибродиагностировании энергетического оборудования. // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2010. № 1 (40). С. 72-81.
6. Грунтович Н. В., Чаус О. В. О некоторых способах получения информации в условиях неопределенности: детерминистические и стохастические аспекты. // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2012. № 3 (50). С. 99-106.
7. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2008. № 3. С. 6.
8. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

МЕТОД РАСЧЁТА ВНУТРИСНЕЖНОГО СТОКА ПРИ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИИ

ВАСИЛЕНКОВ В.Ф., ВАСИЛЕНКОВ С.В.

Аннотация: Рассмотрены вопросы перемещения внутриснежного стока и его аккумуляции. Построена модель движения снеговых вод по поверхности земли. Описаны данные по проверке данной модели на экспериментальном материале наблюдений за уровнями снеговых вод в наблюдательных скважинах, которые показали хорошее соответствие результатов и на участках подъема и на участках спада уровня снеговых вод.

Ключевые слова: модель движения снеговых вод, снежный покров, коэффициент фильтрации воды в снеге.

THE METHOD OF CALCULATION OF UNDERSNOW FLOW AT HIS ADJUSTING

VASILENKOV V.F., VASILENKOV S.V.

Annotation: There is discussed the questions of moving of undersnow flow and its accumulation. The model of motion of snow water is built. There are described the data of checking of this model on experimental material of watching of the levels of snow waters in observant mining holes that showed good accordance of results on the areas of getting up and on the areas of slump of level of snow waters.

Key words: model of motion of snow water, snow-cover, coefficient of filtration of water in snow.

Снеговая вода может составлять третью часть и более используемой растениями влаги. Наиболее полно используют талую воду травы, пастбища, луга, озимые культуры. Средняя толщина снежного покрова Брянской области 30 см. При плотности снега 375 кг/м^3 на одном гектаре содержится 1125 м^3 воды. Это серьезный источник пополнения имеющихся для выращивания культур пресных вод. И управлять снежным покровом, снеготаянием намного легче, чем поверхностным стоком. Перемещение снежного покрова и аккумуляция его в нужном месте не связаны с большими материальными затратами. Однако до настоящего времени снежные мелиорации носили лишь фоновый характер.

Чтобы обеспечить рациональное использование и регулирование снежного покрова в пространстве и во времени с целью увеличения объема почвенной влаги нужно совершенствовать научное обоснование, расчетные методы снежных мелиораций. Талая вода, просачиваясь сквозь толщу снега, достигает поверхности почвы и, если скорость впитывания в почву недостаточна, накапли-

вается на поверхности почвы и движется в снеге по уклону местности в ламинарном режиме [1,2].

Используя аналогию с движением грунтовых вод [3], закон Дарси, закон сохранения вещества, приняв поверхность снеговых вод плоской, построим модель движения снеговых вод по поверхности земли:

$$\varphi \delta b L \frac{dZ}{dt} = \frac{KZh b}{L} \quad (1)$$

где φ – коэффициент, характеризующий форму депрессии; при плоской поверхности снеговых вод находится из пропорции

$$dZ/L = dz/(L - I)$$

δ – коэффициент водоотдачи из снега;

I – расстояние от наблюдательной скважины до водораздела.

L – расстояние от наблюдательной скважины до гипотетической точки пересечения депрессионных кривых; теоретически депрессионные кривые бесконечно приближаются к оси "О-О", но при существующей точности определения уровня снеговых вод можно принять с некоторой степенью достоверности, что в точке "О" депрессионные кривые пересекаются;

Z/L – уклон поверхности снегового потока;

K – коэффициент фильтрации воды в снеге;

b – ширина потока.

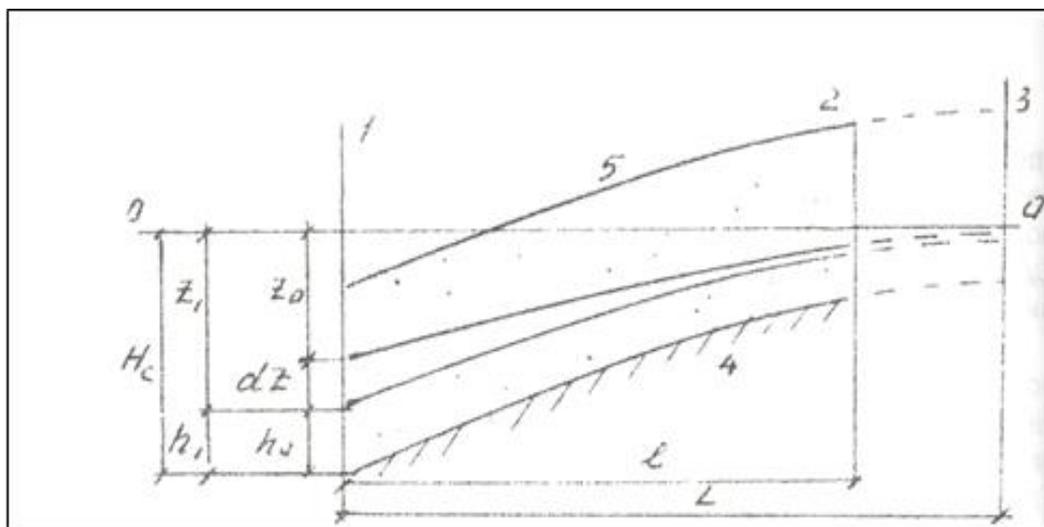


Рис. 1. Стеkanie снеговых вод по поверхности почвы.

1 – створ наблюдательной скважины; 2 – граница водосбора; 3 – гипотетическая точка пересечения депрессионных кривых снеговых вод, соответствующих разным моментам времени; 4 – поверхность земли; 5 – поверхность снега

Обозначим $\mu_1 = \frac{K}{\phi \delta L}$, тогда

$$\frac{dZ}{dT} = \mu_1(Hc - Z)Z . \quad (2)$$

Решение уравнения при начальных значениях $t=0, Z=Z_0$ дает:

$$Z = \frac{Hc}{1 + \frac{Hc - Z_0}{Z_0} * e^{-\mu_1 Hc t}} , \quad (3)$$

Выражение (3) описывает снижение уровня снеговых вод во времени за счет стока по уклону.

Во время поступления талых вод на уровень снеговых вод часть инфильтрующихся вод будет поднимать уровень снеговых вод, другая часть – восполнять влажность осушенного слоя снега до той величины, при которой происходит инфильтрация талых вод данной интенсивности. Результирующая скорость измерения уровня снеговых вод выражается уравнением

$$\frac{dZ}{dt} = \mu_1(Hc - Z)Z - DZ , \quad (4)$$

где D - скоростной коэффициент инфильтрационного питания.

Для скорости изменения насыщенного водой слоя снега "h" при постоянной водоотдаче из снега уравнения имеет вид

$$\frac{dh}{dt} = \mu_1(Hc - Z)Z + DZ . \quad (5)$$

Проверка моделей на экспериментальном материале наблюдений за уровнями снеговых вод в наблюдательных скважинах показали хорошее соответствие результатов и на участках подъема и на участках спада уровня снеговых вод.

Система уравнений (4-5) отличается от моделей [3-9] тем, что рассматривается взаимодействие компонентов системы Z и h .

В природе не бывает независимых изменений. Изменение компонента влечет за собой изменение связанного с ним другого компонента системы и наоборот. В этом суть системного подхода к анализу процессов.

Построенные модели позволяют расчленить инфильтрацию и сток талой воды в снеге по результатам наблюдений в скважинах и толще снега и назначить те или иные мероприятия, регулирующие процесс.

Литература

1. Василенков С. В., Василенков В. Ф. Расчет стока талых вод. // Проблемы природообустройства и экологической безопасности. Сб. матер. XV межвуз. науч.- практ. конф. Брянск: изд. Брянская ГСХА, 2002. С. 4-10.
2. Снег / Под ред. Д. М. Грея и Д. Х. Мэйла. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
3. Василенков В.Ф. Моделирование процессов стекания грунтовых вод с водосбора и методы расчетов сельскохозяйственного дренажа. Брянск. Изд. БГСХА, 1995, 250 с.
4. Василенков В.Ф., Василенков С. В. Моделирование развития эрозионных процессов на склоне // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2005. № 2. С. 51.
5. Василенков В. Ф., Кровопускова В. Н., Дёмина О. Н. Динамика изменения мутности воды на водосливной кромке шахтного водосброса в период весеннего паводка. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 5 (2011). С. 51-56.
6. Василенков В. Ф., Кровопускова В. Н., Дёмина О. Н. Моделирование процесса образования и сработки призмы трансформации паводка. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск, 2011. С. 41-46.
7. Василенков С. В. Моделирование процесса образования снежного стока. // Сб. трудов международной конференции по эрозионным и селевым явлениям. – Тбилиси: изд. АН Грузии, 2001. С.18-23.
8. Василенков С. В. Моделирование процессов стекания подвешенной влаги в снеге. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения, 2004. С. 19-21.

УДК 556.114.679

ИЗМЕНЕНИЕ ПРИТОКА К ВОДОЗАБОРАМ ПРИ РАЗНОЙ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОСБОРА

ВАСИЛЕНКОВ В.Ф., ДУНАЕВ А.И.

Аннотация: Рассматриваются вопросы увеличения дебита скважины и усиления естественного инфильтрата, восполняющего запасы подземных вод. Представлено уравнение кинетики грунтовых вод для оценки влияния состояния поверхности водосбора (водно-физические свойства почвогрунтов) на приток грунтовых вод водозабору.

Ключевые слова: водоотдача почвогрунта, водонепроницаемая поверхность, дебит скважины

CHANGE OF INFLOW TO WATER INTAKES AT DIFFERENT VENTILENESS OF SURFACE OF CATCHMENT AREA

VASILENKOV V.F., DUNAEV A.I.

Annotation: There is discussed the increase of well flow and enhance of natural infiltration for groundwater supplies. It is represented the equation of kinetic of groundwater to assess the impact of watershed surface conditions (soil water-physical properties) on the inflow of groundwater water intake.

Key words: *water loss of soil, waterproof surface, well production.*

Важнейшей проблемой для страны является рациональное использование для хозяйственно-питьевого водоснабжения подземных вод, запасы которых в последнее время подверглись сильному истощению и различного рода загрязнениям. В условиях Брянской области эта проблема имеет наиболее острый характер [1,2].

Увеличение притока грунтовых вод к вертикальным водозаборам, не уменьшая при этом запасов подземных вод, составляет основную цель проводимых исследований.

Одной из причин, сдерживающих поступление воды к скважине, колодцу, является вакуум, возникающий при водоотдаче почвогрунта. Возвратное воздействие вакуума значительно усиливается при наличии уплотнений поверхности на водосборе (прослойки глины, мерзлый почвогрунт, искусственное уплотнение и пр.) [3]. Снижение вакуума позволяет увеличить дебит скважины или колодца и усилить естественный инфильтрат, восполняющий запасы подземных вод, т.к. появляющаяся свободная емкость в водоносном пласте ведет к накоплению инфильтрующихся вод, которые до этого бесполезно расходовались (поверхностный сток, испарение и т.д.) [4, 5, 6].

Влияние состояния поверхности водосбора (водно-физические свойства почвогрунтов) на приток грунтовых вод водозабору следует оценивать по изменению скоростного коэффициента в уравнении кинетики грунтовых вод [6]:

$$Z_{CT} = \frac{Z_{CT}}{1 + \frac{Z_{CT} - Z_0}{Z_0} \cdot e^{-\mu_1 (H_B + \varepsilon Z_{m_k})t}} \quad (1)$$

где Z_0 – уровень фунтовых вод (от оси отсчета) в начале расчетного периода, см;

Z_{CT} – глубина стабилизации уровня фунтовых вод при стекании по водоупору и возвратном воздействии вакуума, см;

μ_1 – скоростной коэффициент;

H_B – уровень водоупора, см;

m_k – уровень дна водозабора, см;

ε – коэффициент, учитывающий форму водосбора;

χ – общие фильтрационные сопротивления, учитывающие несовершенство водозабора по степени и характеру вскрытия пласта;

t – время от начала расчетного периода, сут.

В лаборатории кафедры природообустройства и водопользования БГАУ были проведены исследования на фильтрационной колонне с песчаным грунтом ($K=0.5...0.7$ с/сут.).

Моделировались следующие поверхности:

- песчаный фунт (без уплотнения);
- водонепроницаемая поверхность (например, мерзлый грунт в зимнее время);
- снежный покров;
- лесная подстилка;
- влажная глина различной плотности ($\gamma = 1.5..2.0$ г/см³).

Получаемые результаты по ходу водоотдачи сопоставлялись с обычным режимом водоотдачи в том же самом неуплотненном песчаном грунте. Во всех случаях разница в объемах водоотдачи в одни и те же моменты времени получалась существенной и составляла в зависимости от типа поверхности: 5% (для лесной подстилки и снега) – 20% (непроницаемая поверхность).

Кроме того, часть вышеуказанных опытов повторялась неоднократно с устройством на поверхности проколов различного диаметра, которые значительно увеличивали водоотдачу. Это указывает на возможность применения такого технического мероприятия по увеличению притока к водозабору, как устройство на водосборе с поверхности системы вертикальных скважин для аэрации.

Следует отметить также опыты с почвогрунтами различной плотности. В связи с тем, что водосборы вертикальных водозаборов в сельской местности представляет собой в большинстве своем пахотные земли, подвергающиеся периодическому уплотнению механизмами при обработке, встает вопрос о комплексе агротехнических мероприятий по увеличению притока воды к водозабору. Искусственное уплотнение почв механизмами при их обработке существенно, что подтверждается рядом исследователей [7,8]. В качестве примера ниже приводятся данные по степени уплотнения почв для картофеля при обработке полей различными механизмами при их пятикратном проходе.

Исследование указанных в таблице уплотнений показало, что водоотдача уменьшается на 5-7% по сравнению с неуплотненным грунтом (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Влияние ходовых систем тракторов на плотность почвы

Марка трактора	СЛОИ ПОЧВЫ, СМ			
	0-10	10-20	20-30	30-40
	γ , г/см ³			
Без уплотнения	1,16	1,22	1,34	1,36
ДТ-75М	1,36	1,38	1,40	1,40
МТЗ-80	1,34	1,38	1,42	1,42
Т-150К	1,42	1,44	1,44	1,48
К-701	1,44	1,44	1,47	1,48

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о том, что существует возможность увеличения притока к вертикальным водозаборам в безнапорных водоносных пластах за счет снижения вакуума путем разрушения плотной структуры верхних слоев почвогрунтов на водосборной площади, применения различных комбинаций агротехнических обработок почвы, сопутствующих выращиванию соответствующих культур.

Литература

1. Ивченко Л. В. Антропогенное воздействие на водные объекты Брянской области. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2006. № 1 (5). С. 42-44.

2. Дёмина О. Н. Состояние системы охраны водных объектов и вопросы водоотведения поверхностного стока в городе Брянске. // Проблемы энергетики, природопользования, экологии. Сборник материалов международной научно-технической конференции. Под общей редакцией Л. М. Маркарянц. 2009. С. 66-70.

3. Василенков В. Ф., Дунаев А. И. Математическое описание динамики уровня грунтовых вод при вертикальном водозаборе. // Сб. Достижения науки и передовой опыт в производстве и учебно-воспитательный процесс, Брянск: изд-во БГСХА, 1995.

4. Василенков С. В., Василенков В. Ф. Расчет стока талых вод. // Проблемы природообустройства и экологической безопасности. Сб. матер. XV межвуз. науч.- практ. конф. Брянск: изд. Брянская ГСХА, 2002. С. 4-10.

5. Василенков В. Ф. Моделирование развития эрозионных процессов на склоне / В. Ф. Василенков, С. В. Василенков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2005. № 2. С. 51.

6. Василенков В. Ф., Кровопускова В. Н., Дёмина О. Н. Динамика изменения мутности воды на водосливной кромке шахтного водосброса в период весеннего паводка. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 5 (2011). С. 51-56.

7. Кувшинов Н. М. Агрофизические факторы почвенного плодородия серых лесных почв для ведущих с.-х. культур Нечерноземной зоны России и их регулирование в условиях интенсивного земледелия. Диссертация на соискание ученой степени д. с.-х. н. БГСХА, 1996.

8. Безик Д. А., Гурьянов Г. В., Юдина Е. М. Электрические явления при обработке почвы. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 52. С. 177-181.

9. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2008. № 3. С. 6.

10. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2008. № 3. С. 6.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ТЕПЛИЧНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

ВАСЬКИН А.Н.

Аннотация: Рассматривается проблемы энергосбережения в современном мире путем использования оптического излучения.

Ключевые слова: оптическое излучение, оптические электротехнологии.

ENERGY SAVING PROBLEMS IN HOTHOUSE LIGHTING SYSTEMS

VASKIN A.N.

Abstract: The article discusses the problems of energy saving in the modern world through the use of optical radiation.

Key words: optical radiation, optical electrotechnology.

В настоящее время в большинстве тепличных осветительных систем используются адаптированные для растениеводства натриевые лампы высокого давления – так называемые аграрные натриевые лампы. Однако у них только треть затраченной энергии преобразуется в излучение, эффективное для фотосинтеза, а это означает, что вырабатывается также много лишнего тепла.

В перспективе развитие оптических электротехнологий (ОЭТ) а АПК является наиболее наукоемким направлением. По различным оценкам, потери всех электроустановок при доле потребляемой энергии 20%. В связи с этим, энергосбережение в ОЭТ АПК является важнейшей проблемой отраслевой энергетики.

Проблема энергосбережения является одной из самых актуальных в современном мире, её решению развитые страны уделяют большое внимание.

Особо наглядно эта проблема проявляется в области использования энергии оптического излучения (ОИ). Так, объем энергопотребления на цели освещения в России составляет, по различным оценкам, около 14 % от всей вырабатываемой электроэнергии, что свидетельствует о масштабе проблемы и эффективности любых разумных мер по ее решению.

Пример из области светотехники показывает следующие резервы повышения эффективности использования энергии ОИ в нашей стране: в США нормируемая установленная мощность на 100 лк освещенности составляет 2,5 Вт/м, в России – 7 Вт/м.

Сегодня имеются практически все возможности для решения любых задач применения ОИ; более того, наличие большого многообразия технических средств (источников света, световых приборов, ПРА, электронных систем управления освещением) формирует новые принципы и приемы техники применения ОИ, невозможные несколько лет назад.

И, тем не менее, обеспечение энергосбережения при использовании ОИ (особенно в отраслях АПК) не сводится только к применению эффективных светотехнических изделий: люминесцентных ламп нового поколения, электронных ПРА, качественных световых приборов светодиодов и другим инновациям. Это более комплексная проблема, которую можно обозначить как научную. Можно указать две важнейших составляющих этой проблемы.

Прежде всего, отсутствует прикладная научная теория, имеющая свой специфический язык, адекватно описывающий энергетику сельскохозяйственного объекта, позволяющая формулировать практически значимые выводы, обосновывать конкретные энергосберегающие решения и направленная на обслуживание задач энергосбережения. В настоящее время в области применения ОИ в АПК используются методы светотехники, основанные на геометрическом моделировании световых полей (Гершун, 1939 г). Однако они не подразумевают рассмотрение энергетики процессов, происходящих в системе, поэтому не могут служить основой энергосбережения.

Другой составляющей научной проблемы следует отметить традиционно сложившийся взгляд на облучение лишь как на один из факторов других технологических процессов. Однако ОИ как вид энергии обладает следующими важнейшими особенностями.

Во-первых, использование энергии ОИ как технологического фактора не связано непосредственно с механическим и электрическим воздействием на обрабатываемые объекты. Необходимое положительное действие достигается благодаря значительной проникающей способности излучения и его специфическому действию на клеточном и молекулярном уровнях в биологических объектах.

Во-вторых, распространение ОИ происходит линейно при постоянстве передаваемой мощности по оси угла распространения, но уменьшении плотности по площади нормального сечения.

В-третьих, распределение энергии ОИ следует учитывать не только по пространственным координатам и по времени, но и по спектру, т.е. в зависимости от длины волны излучения.

Кроме того, применяемые источники излучения все еще имеют недостаточную эффективность, что еще на этапе проектирования облучательной установки задает высокую стоимость лучистой энергии.

Отмеченные особенности ОИ требуют особого рассмотрения энергетики процессов, происходящих на всех этапах преобразования излучения и служат основой для представления облучения как особого технологического процесса. Первоочередное значение приобретает здесь эксплуатационное энергосбережение, направленное на оптимизацию способов проведения технологического процесса облучения (ТПО).

В перспективе развитие оптических электротехнологий (ОЭТ) в АПК является наиболее наукоемким направлением. По различным оценкам, потери электроэнергии в них превышают половину отраслевых потерь всех электроустановок при доле потребляемой энергии 20%. В связи с этим, энергосбережение в ОЭТ АПК является важнейшей проблемой отраслевой энергетики, для

решения которой необходимо соответствующее научно-методическое обеспечение, направленное на снижение энергоемкости всех технологических процессов, связанных с применением ОИ.

Литература

1. Алексанян И. Э., Безик В. А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области. // Проблемы энергетики, природопользования, экологии Сборник материалов международной научно-технической конференции. 2009. С. 7-11.
2. Яковенко Н. И. Энергоэффективное освещение. // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования. Материалы IX международной научно-технической конференции. Брянск, 2015. С. 276-281.
3. Яковенко Н. И. О некоторых элементах экономии на электрическом освещении. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. VIII Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2014. С. 225-227.
4. Белоус Н. М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области, пострадавших от Чернобыльской катастрофы. // Агроконсультант. 2013. № 4. С. 51-64.
5. Ториков В. Е., Чирков Е. П., Соколов Н. А. и др. Опыт организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в крупных агрохолдингах Брянской области / Под редакцией Н. М. Белоуса. Брянск: Изд-во БГСХА, 2014. 183 с.
6. Карпов В. Н. Термодинамические аспекты методологии энергосбережения в сельскохозяйственных электротехнологиях оптического облучения. // Известия академии наук. Энергетика. 1994. № 1. С. 66-74.
7. Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК. // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве Сборник докладов X Международной научно-практической конференции молодых ученых. 2015. С. 252-254.
8. Ракутько С. А., Судаченко В. Н., Маркова А. Е. Оценка эффективности применения оптического излучения в светокультуре по величине энергоемкости. // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 33. С. 270-278.
9. Ракутько С. А. Спектральные отклонения и энергоемкость процесса облучения растений. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2008. № 10. С. 156-160.
10. Соловьёв Ю. М., Жиряков А. В. Светотехника. / Учебное пособие для студентов очного и заочного обучения факультета энергетики и природопользования. Брянск, 2010.
11. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и эконо-

мической безопасностью промышленных предприятий. Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

12. Анищенко В. А. Токочакова Н. В., Федоров О. В. Инвестиции в системы электроснабжения и энергоэффективность промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие. Минск: БНТУ, 2010. 93 с.

13. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики. // Энергоэффективность. 2008. № 3. С. 6-10.

14. Токочакова Н. В. Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления. // Изв. высш. учеб. завед. и энергет. объедин. СНГ – Энергетика. 2006. № 3. С. 67–75.

15. Грунтович Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.

16. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Кирдищев Д. В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (2013). С. 38-40.

17. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

УДК 628.98

СВЕТ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ

ВАСЬКИН А.Н.

Аннотация: В статье рассматривается влияние света и ФАР на процессы жизнедеятельности растений.

Ключевые слова: Фотосинтез, свет, УФ – излучение.

LIGHT AND ITS EFFECT ON PLANT LIFE

VASKIN A.N.

Abstract: The article considers the influence of light and headlights on the life processes of plants.

Key words: Photosynthesis, light, UV-radiation.

В целях устойчивого развития овощеводства закрытого грунта ведутся теоретические и экспериментальные исследования по усовершенствованию технологии светокультуры и, в первую очередь, разработки современных тепличных светильников и осветительных установок с высокой светоотдачей. Вместе с тем, наблюдается существенное отставание в области фотобиологических и физиологических исследований. Правильный выбор светового режима с учетом физиологического состояния растений является ключевым элементом интенсификации и экологизации технологии светокультуры, получения качественной растительной продукции. Он зависит от потребности растений в интенсивности, продолжительности досвечивания и спектральном составе радиации.

Фотосинтез – сложный процесс поглощения, преобразования и запасания солнечной энергии в химических связях органического вещества. Субстратом для образования продуктов фотосинтеза – ассимилятов – являются диоксид углерода (CO_2) и вода. На свету при фотосинтезе сначала образуются высоко восстановленные и богатые энергией соединения – НАДФН и АТФ. Затем они используются в реакциях фотосинтетического метаболизма углерода для образования углеводов. Поэтому свет является ключевыми фактором среды, определяющими фотосинтетическую активность и скорость накопления биомассы растений.

Основным источником световой энергии на нашей планете является Солнце. Примерно 45% приходящей солнечной радиации падает на область 400-700 нм, известную как фотосинтетически активная радиация (ФАР).

Биологическое действие на растения оказывают также ультрафиолетовые (280-380 нм) и инфракрасные лучи (750-4000 нм). Кроме того растения поглощают и выделяют тепловую радиацию ($40 \cdot 10^5$ нм). Ближняя УФ-радиация, особенно УФ-Б лучи (280-315 нм), потенциально опасна для растений. Высокие дозы УФ способны вызвать повреждения клеточных структур, в результате подавляют рост и снижают продуктивность растений. Инфракрасное излучение оказывает морфогенетические и термические эффекты, длинноволновая радиация – термические.

Наиболее важную роль в жизни растений играет ФАР. Помимо того, что свет является движущей силой важнейшего физиологического процесса - фотосинтеза, он оказывает значительное регуляторное и формообразовательное влияние на растение. Многочисленные исследования показали, что путем изменения спектрального состава оптического излучения, можно регулировать обмен веществ, рост и развитие растений.

Свет является внешним индуктором, приводящим к экспрессии светозависимых генов, которые включают программы фотоморфогенеза растений – процесса управления светом развития организма. Существует, по крайней мере, три класса фоторецепторов: фитохромы, криптохромы и фототропин. Фитохромы – фитохромобилиновые пигменты, осуществляющие переход из одной формы в другую в ответ на восприятие красного (660 нм) и дальнего красного света (730 нм). Благодаря этому растения адаптируют свой рост и развитие к изменению световых условий среды. На основании сигналов фитохромной системы растение изменяет стратегию роста, приступает к цветению, завершает активный рост и готовится к смене сезона года. Два других типа фоторецепто-

ров – криптохромы и фототропин – воспринимают синий свет и ближнюю ультрафиолетовую область спектра (УФ-А). Некоторые авторы (Головацкая, 2005) полагают, что благодаря наличию криптохромов растения могут различать неэффективные для фотосинтеза лучи зеленой части спектра.

Морфогенетические эффекты разных частей спектра являются следствием влияния света на гормональный баланс растений, активность и направленность метаболизма (Карначук и др., 2008). При регуляторном действии видимого излучения в растениях осуществляются важные морфофизиологические процессы – зеленение, формирование вегетативных и генеративных органов, синтез биологически активных веществ. Свет контролирует активность основного фотосинтетического фермента – рибулезобифосфат карбоксилазы и ряда других ферментов цикла Кальвина. Под влиянием света формируется мезоструктура листа. В отличие от теневых, в мезофилле листа светового типа четко дифференцируются слои клеток палисадной и губчатой паренхимы, хлоропласты мельче, содержат меньше хлорофиллов. Теневые растения характеризуются более низкой скоростью фотосинтеза, медленнее растут и накапливают меньшую биомассу. По отношению к свету, большинство сельскохозяйственных культур относятся к группе светолюбивых.

Синий свет (400-500 нм) тормозит рост побегов и приводит к формированию низкорослых растений, стимулирует переход к цветению растений короткого дня, замедляет развитие растений длинного дня. Синий свет регулирует ширину устьиц, движение листьев, оказывает тормозящее действие на рост стеблей. Синий свет и ультрафиолетовая часть спектра стимулируют деление клеток, однако тормозят их рост растяжением. Показано, что на синем свете даже низкой интенсивности формируются «световые» хлоропласты с хорошо развитой гранальной структурой, усиливается фотодыхание, активируется синтез белков. Накоплению белка способствует активация синтеза органических кислот и аминокислот. Синий свет увеличивает по сравнению с красным включение углерода в азотистые соединения, особенно аспарагиновую кислоту. На синем свете в листьях образуется значительно больше ингибиторов роста (абсцизовой кислоты, оксикоричных кислот и др.) по сравнению с растениями, выращенными на красном и зеленом свете, что приводит к формированию укороченных стеблей и более толстых листьев.

В работах (Аверчева и др., 2009; Аверчева, 2010) показано, что под влиянием синего света активировался синтез фотосинтетических белков. При выращивании китайской капусты с использованием светодиодного светильника с испусканием света в области красной и синей полос в соотношении 7:1 показано угнетение синтеза сахаров и существенное изменение роста, морфогенеза и онтогенеза растений.

Эффекты синего света зависят от его соотношения с другими частями спектра ФАР. Рекомендуется использовать следующее соотношение 0.3:0.2:0.5 соответственно синего, зеленого и красного в спектре ФАР искусственных источников для культивирования растений (Протасова, Кефели, 1982).

Красный свет способствует интенсивному росту листьев и осевых органов. Отсутствие или низкая интенсивность в спектре искусственных источни-

ков красной области задерживает переход растения к цветению, приводит к формированию неполноценных генеративных органов.

По данным, приведенным в работе (Lin, Jolliffe, 1996), качество продукции и сроки хранения плодов огурца зависели от интенсивности и спектрального состава падающего света. Плоды, развивающиеся при высокой интенсивности света в пологе, содержали больше хлорофилла и дольше хранились после уборки, оставаясь зелеными. Красный свет ускорял образование хлорофилла при низкой освещенности (осень), но не был эффективным, когда интенсивность света была достаточно высокой. Этот факт был подтвержден зимними экспериментами с использованием натриевых ламп высокого давления. Добавка красного света в условиях низкой интенсивности изменяла соотношение красный/дальний красный свет, что оказывало регуляторное воздействие на синтез хлорофилла в кожице плодов. Красный свет снижал скорость деградации хлорофилла и во время старения листьев.

На зеленом свету (500-600 нм) формируются вытянутые осевые органы, тонкие листья с меньшим числом клеток и хлоропластов, низкой скоростью фотосинтеза на единицу площади листа, что снижает продуктивность. Зеленый свет регулирует транскрипцию пластидных генов и стимулирует накопление фотосинтетических пигментов. Зеленый и желтый свет ускоряет рост междоузлий и листовой поверхности по сравнению с природным светом.

Длинные ультрафиолетовые лучи (315-380 нм) задерживают вытягивание стебля, способствуют накоплению поглощающих УФ защитных веществ – каротиноидов, фенолов. УФ-В радиация повышает холодостойкость растений, способствуют процессу их закалывания. Вместе с тем, имеется множество данных о том, что повышенные дозы УФ-В радиации отрицательно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. В средней полосе России зимой излучение с длиной волн короче 306-312 нм практически отсутствует, и лишь летом в полдень граница ультрафиолетового излучения понижается до 295 нм. В теплицах и парниках, покрытых стеклом, растения даже летом получают только длинноволновые ультрафиолетовые лучи с нижней границей около 340-360 нм.

Ближнее ИК-излучение также оказывает сильное формирующее действие на растения, которое проявляется, главным образом, в растяжении осевых органов (стебель, подсемядольное колено). Не все растения одинаково реагируют на длинноволновое излучение (700-1100 нм): одни слабо (томаты), другие сильно (огурцы), что мешает их выращиванию в теплицах.

Литература

1. Аверчева О. В., Беркович Ю. А., Ерохин А. Н., Жигалова Т. В., Погосян С. И., Смолянина С. О. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 1. С. 17-36.
2. Аверчева О. В., Физиологические эффекты узкополосного красно-синего освещения (на примере китайской капусты *Brassica chinensis* L): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 23 с.

3. Белоус, Н. М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области, пострадавших от Чернобыльской катастрофы. // Агроконсультант. 2013. № 4. С. 51-64.
4. Белоус Н. М. Нестеренко Л. Н., Ториков В. Е. Эффективное фермерство в вопросах и ответах. Часть 3. МСХ РФ, Брянская ГСХА, Институт повышения квалификации кадров агробизнеса и международных связей. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2014. 148 с.
5. Ракутько С. А. Прикладная теория энергосбережения в энерготехнологических процессах АПК: основные положения и практическая значимость. // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2009. № 6. С. 129-136.
6. Ракутько С. А., Логачева Е. А., Жданов В. Г. Алгоритмы инструментальных обследований для проведения энергоаудита организаций. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. № 36. С. 225-229.
7. Способ энергосбережения в энерготехнологических процессах. Карпов В. Н., Ракутько С. А. патент на изобретение RUS 2357342 21.04.2008.
8. Головацкая И. Ф. Роль криптохрома1 и фитохромов в регуляции фотоморфо-генетических реакций растений на зеленом свете // Физиология растений. 2005. Т. 52. С. 822-829.
9. Карначук Р. А., Большакова М. А., Ефимова М. В., Головацкая И. Ф. Интеграция сигналов синего света и жасмоновой кислоты в морфогенезе *Arabidopsis thaliana* // Физиология растений. 2008. Т. 55. №5. С. 665-670.
10. Протасова Н. Н., Кефели В. И. Фотосинтез и рост высших растений, их взаимосвязь и корреляция // Физиология фотосинтеза / Под ред. А. А. Ничипоровича. М.: Наука, 1982. С. 251-270.
11. Lin W. C., Jolliffe P. A. Light intensity and spectral quality affect fruit growth and shelf life of greenhouse-grown long English cucumber // Amer. Soc. Hort. Sci. 121(6). P. 1168-1173. 1996.
12. Соловьёв Ю. М., Жиряков А. В. Светотехника. / Учебное пособие для студентов очного и заочного обучения факультета энергетике и природопользования. Брянск, 2010.
13. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.
14. Анищенко В. А. Инвестиции в системы электроснабжения и энергоэффективность промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие. Минск: БНТУ, 2010. 93 с.
15. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики // Энергоэффективность. 2008. № 3. С. 6-10.
16. Токочакова Н. В. Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления. // Изв. высш. учеб. завед. и энергет. объедин. СНГ – Энергетика. 2006. № 3. С. 67–75.

17. Грунтович Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.

18. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Кирдищев Д. В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (2013). С. 38-40.

19. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

УДК 531/629.11.012.814

О СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕСКОКОМ

КИСЕЛЬ Ю.Е., ТОМЛЕЕВА С.В., ОБОЗОВ А.А.

Аннотация: Показаны основные параметры виброзащитных устройств. Установлена связь между их силовыми и упругими характеристиками. Предложены уравнения для расчета виброзащитных устройств.

Ключевые слова: Вибрация, жесткость, упругость, виброзащита.

ON NUMERICAL CHARACTERISTICS OF VIBRATION ISOLATION SYSTEMS HOPPING

KISEL Y.E., TOMLEEVA S.V., ABOZOV A.A.

Abstract: The basic parameters of vibro protective devices are shown. Connection is set between their power and resilient descriptions. Offered equalization for the calculation of vibro protective devices.

Key words: Vibration, inflexibility, resiliency, vibrodefence.

Виброзащитные системы с перескоком сочетают в себе мягкое подвешивание и малый статический прогиб [1-5]. Они формируются путем параллельного соединения несущей пружины с известной жесткостью и элемента перескока. Существует несколько модификаций таких устройств. Все они при работе реализуют силовую характеристику, представленную на рис. 1, кривая 1. Она получается при сложении силовой характеристики несущей пружины (в данном случае с постоянной жесткостью) (кривая 2, рис. 1-а) и силовой характеристики элемента перескока (кривая 3, рис. 1-а).

При параллельной установке пружины и элемента перескока между защищаемым объектом и источником возмущения система с перескоком после статического нагружения должна быть так деформируема, чтобы соответствовать точке D на характеристике 3, а весь допустимый ход подвески от статического равновесия в ту и другую сторону должен уложиться в диапазон точек O – L.

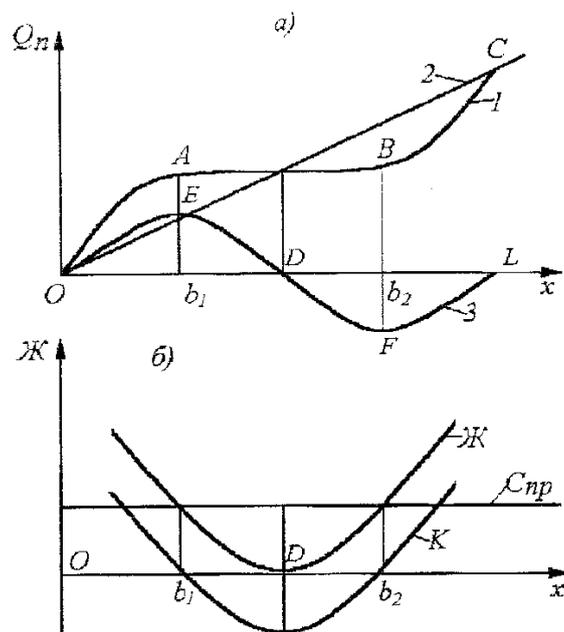


Рис. 1. Характеристики виброзащитного устройства с перескоком: а – силовые характеристики; б – жесткостные характеристики.

При подборе параметров виброзащитного устройства приходится учитывать ограниченность величины отрезка $[b_1, b_2]$. Если рабочий ход устройства больше, чем четверть длины этого отрезка, то виброзащитные качества устройства ухудшаются. Поэтому надо разрабатывать такую конструкцию, чтобы динамическое перемещение x составляло не более $\frac{1}{4}$ длины отрезка $[b_1, b_2]$.

В реальных условиях эксплуатации устройства невозможно гарантировать выполнения этого условия, не вводя ограничителей хода устройства. Наличие таких ограничителей приводит к нежелательным ударным явлениям, возникающим при пробое подвески. Следовательно, необходимо создание такой конструкции виброзащитного устройства с перескоком, которое реализовало бы силовую характеристику, изображенную на рис. 2-а.

Если наклонные ветви OA и BC характеристики 1, изображенной на рис. 1, заменить множеством отрезков, каждый из которых параллелен оси x , то на каждом из них будет выполняться условие полной виброзащиты. Реализация такой характеристики в виброзащитном устройстве не налагает ограничения на рабочий ход подвески, обеспечивая полную виброзащиту на любом участке этого хода. Придадим этой дискретной характеристике вид аналитической функции. Для этого воспользуемся тригонометрическими рядами

Фурье. Так как характеристика симметрична относительно середины отрезка АВ, то ее удобно представить в осях координат с началом в этой точке (рис. 2-б). Эта точка соответствует положению статического равновесия устройства.

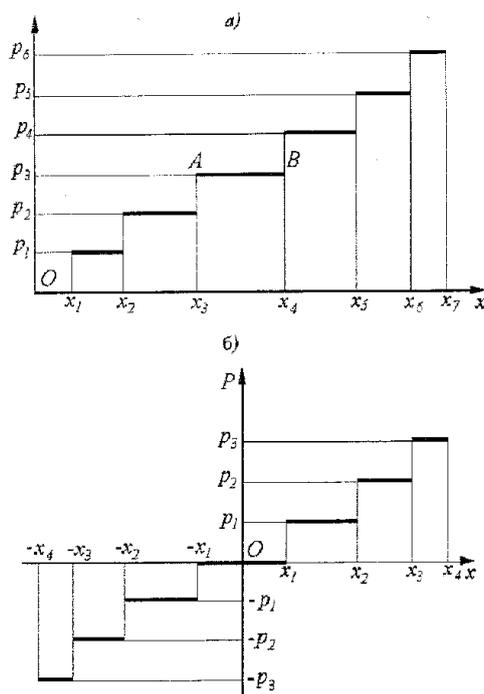


Рис. 2. Универсальная силовая характеристика виброзащитного устройства

Симметричную, относительно начала координат функцию, представим в виде суммы тригонометрического ряда Фурье по синусам:

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin \frac{k\pi x}{l} \quad (1)$$

$$\text{где } a_k = \frac{2}{l} \int_0^l P(x) \sin \frac{k\pi x}{l},$$

l – длина участка $[x_{k-1}, x_k]$

В силу симметрии функции будем рассматривать ее часть, лежащую в 1-й четверти. Для примера пусть этот участок представлен четырьмя отрезками (рис. 2-б).

Функцию P(x) зададим следующим образом:

$$P(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < x_1 \\ p_1 & x_1 \leq x < x_2 \\ p_2 & x_2 \leq x < x_3 \\ p_3 & x_3 \leq x < x_4 \end{cases}$$

Формула для определения коэффициентов a_k имеет вид:

$$a_k = \frac{2}{l} \int_0^l P(x) \sin \frac{k\pi x}{l} dx = \frac{2}{l} \int_0^{x_1} 0 \sin \frac{k\pi x}{l} dx + \frac{2}{l} \int_{x_1}^{x_2} P_1 \sin \frac{k\pi x}{l} dx + \frac{2}{l} \int_{x_2}^{x_3} P_2 \sin \frac{k\pi x}{l} dx + \frac{2}{l} \int_{x_3}^{x_4} P_3 \sin \frac{k\pi x}{l} dx = \frac{4}{k\pi} \sum_{m=1}^3 P_m \sin \frac{k\pi(x_{m+1} + x_m)}{2l} \sin \frac{k\pi(x_{m+1} - x_m)}{2l} \quad (2)$$

Таким образом коэффициент a_k представлен в виде суммы ряда, число членов которого соответствует числу отрезков, составляющих силовую характеристику $P(x)$ в 1-й четверти минус один. Это число должно быть известно и задано.

С учетом (2) выражение силовой характеристики принимает вид:

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} \sin \frac{k\pi x}{l} \cdot \frac{4}{k\pi} \sum_{m=1}^3 P_m \sin \frac{k\pi(x_{m+1} + x_m)}{2l} \sin \frac{k\pi(x_{m+1} - x_m)}{2l} \quad (3)$$

Бесконечная сумма ряда может быть ограничена. Число членов N можно вычислить, исходя из заданной погрешности, путем оценки остатка сходящегося ряда Фурье.

Аналитическое выражение универсальной виброзащитной характеристики дает возможность провести качественный анализ виброзащитных способностей устройства. Такая характеристика в виброзащитном устройстве, обеспечивает полную виброзащиту на любом участке хода. Вместе с тем, ее реализация в физической модели может быть сопряжена с определенными сложностями конструктивного характера.

Литература

1. Болотник Н. Н. Оптимизация амортизационных систем. М.: Наука, 1983. 275 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1984. 881 с.
3. Алабужев П. М. и др. Виброзащитные системы с квазиулевой жесткостью / Под ред. К. М. Рагульскаса. Л.: Машиностроение, 1986. 96 с.
4. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Политехника, 1990. 272 с.
5. Серпик И. Н., Курченко Н. С., Алексейцев А. В., Лагутина А. А. Анализ в геометрически, физически и конструктивно нелинейной постановке динамического поведения плоских рам при запроектных воздействиях. // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 10. С. 49-51.
6. Серпик И. Н., Лелетко А. А., Алексейцев А. В. Эволюционный синтез металлических плоских рам в случае оценки несущей способности по методу предельного равновесия // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 8. С. 4-9.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ УЛУЧШЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

ШИРОБОКОВА О.Е

Аннотация: Повышение коэффициента мощности является одним из важных экономических показателей. При низком коэффициенте мощности увеличиваются токи в питающей электросети, что может потребовать увеличения сечения проводов, номинальных данных сетевых аппаратов трансформаторов. При этом вырастут и потери мощности в сети, что неблагоприятно скажется как на потребителя, так и на экономических показателях электроэнергетических систем.

Ключевые слова: электрические сети, мощность, коэффициент мощности, потери мощности, потребители электроэнергии, компенсирующие устройства.

DEFINITIONS OF ECONOMY OF THE ELECTRIC POWER AT IMPROVEMENT OF POWER FACTOR

SHIROBOKOVA O. E.

Abstract: Increase of power factor is one of important economic indicators. At low power factor currents in the feeding power supply network that can demand increase in section of wires, ratings of network devices of transformers increase. Thus also losses of power in a network that will adversely affect both on the consumer and economic indicators of electrical power systems will grow.

Therefore questions of economy of the electric power at improvement of power factor are very actual.

Keywords: Electricity of the, power, power factor, power losses, electricity consumers, compensating devices.

Важным направлением в экономии электроэнергии и рациональном её использовании является повышение коэффициента мощности ($\cos \varphi$), который показывает, какую часть потребляемой полной мощности (S) составляет активная (P).

При одной и той же установленной мощности электроприемник с низким коэффициентом мощности потребляет больший ток. Это приводит к увеличению тока в линии электропередачи в трансформаторах, что ведет к уменьшению эксплуатационной мощности трансформатора или генератора и увеличивает потери электроэнергии в сети. Например, при снижении коэффициента мощности до 0,5 потери электроэнергии увеличиваются в четыре раза.

Средневзвешенные значения коэффициента мощности за определенный период (месяц, год, сутки) определяется по формуле:

$$\cos \varphi = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}};$$

где W_a – активная мощность за определенный период времени, Вт*ч;

W_p – реактивная электроэнергия за определенный период времени, вар*ч.

На промышленных предприятиях, $\cos \varphi$ можно повысить двумя способами:

- без установки компенсирующих устройств;
- с установкой компенсирующих устройств.

Основными потребителями электроэнергии на предприятиях являются асинхронные электродвигатели и трансформаторы.

Значение $\cos \varphi$ для асинхронного электродвигателя и трансформатора зависит от степени их загрузки. Так, коэффициент мощности для асинхронного электродвигателя на холостом ходу составляет 0,1-0,25, а трансформатора 0,1-0,2. Следовательно, для повышения коэффициента мощности необходимо:

- обеспечить полную загрузку электродвигателей и трансформаторов;
- устранить режимы холостого хода;
- заменить недогруженные электродвигатели и трансформаторы если их средняя загрузка не превышает 30%;
- производить качественный ремонт электродвигателей;
- по возможности использовать синхронные двигатели.

Если мероприятия по повышению $\cos \varphi$ естественным способом не дают желаемого результата, то можно провести дальнейшее повышение его до необходимой величины при помощи статических конденсаторов.

Статические конденсаторы могут устанавливаться для индивидуальной, групповой или централизованной компенсации.

При индивидуальной компенсации происходит полностью разгрузка от реактивной мощности всей питающей и распределительной сети.

Как правило, на предприятиях имеется много потребителей небольшой мощности, то в этом случае целесообразно устанавливать групповую или централизованную компенсацию [2-12].

Централизованная компенсация дает возможность более полно использовать установленную мощность конденсаторов. При этом, при установке их на низкой стороне трансформатора от реактивной энергии освобождаются только высоковольтные линии и трансформаторы, а вся заводская сеть не разгружается.

Статические конденсаторы устанавливаются с разрядными сопротивлениями. Величины этих сопротивлений в линиях напряжением до 1000В определяется по формуле:

$$R \leq 15 \cdot 10^6 \cdot \frac{U_\phi^2}{Q_{кв}} \text{ Ом};$$

где U_ϕ – фазное напряжение на обмотках конденсатора

$Q_{кв}$ – реактивная мощность батареи конденсатора, квар.

Потребляемая мощность компенсирующих устройств находится из выражения

$$Q_{кв} = P_{ср} \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2), \text{квар}$$

где $P_{ср}$ – средняя активная мощность, кВт;

$tg\varphi_1$ – тангенс угла, соответствующий $\cos \varphi_1$ на предприятии;

$tg\varphi_2$ – тангенс угла, соответствующий желаемому значению $\cos \varphi_2$;

Экономия энергии от повышения коэффициента мощности естественным путем от $\cos \varphi_1$ до $\cos \varphi_2$ находится из выражения

$$\Delta \mathcal{E} = Q_{кв} \cdot (K_{э} - \Delta P_{ук}) \cdot t, \text{кВт} \cdot \text{ч}$$

где $Q_{кв}$ – реактивная мощность компенсирующего устройства, квар;

$K_{э}$ – экономический эквивалент $K = 0.1$ кВт/квар

$\Delta P_{ук}$ – удельный расход активной мощности на компенсацию кВт/квар

$$\Delta P = 0.02 - 0.07 \text{ кВт/квар}$$

t – количество часов работы компенсирующего устройства в год, ч.

При установке компенсирующих устройств экономия электроэнергии определяется по формуле

$$\Delta \mathcal{E} = 0,05 \cdot W_a \cdot \left(1 - \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}\right) \text{кВт} \cdot \text{час}$$

Экономия электроэнергии при автоматизации включения и отключения газоразрядных ламп составляет

$$\Delta \mathcal{E} = 0,8 \cdot P_{л} \cdot t \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

где $P_{л}$ – суммарная мощность газоразрядных ламп, кВт;

t – время работы компенсирующего устройства, ч.

Литература

1. Прыгов Н. М., Широбокова О. Е., Компенсация реактивной мощности в электросетях с газоразрядными лампами. // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования. Материалы IX международной научно-технической конференции, Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2015.

2. Широбокова О. Е., Прыгов Н. М. К вопросу компенсации реактивной мощности в электрических сетях с вентильными преобразователями. // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: Сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск: Издательство Брянская ГСХА, 2013.
3. Широбокова О. Е., Прыгов Н. М. Особенности компенсации реактивной мощности в электрических сетях со специфическими нагрузками в АПК. // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: Сборник материалов международной научно-практической конференции, – Брянск: Издательство Брянская ГСХА, 2013.
4. Широбокова О. Е., Прыгов Н. М. Оптимальное распределение конденсаторных батарей в электросетях при компенсации реактивной мощности с.х. предприятий. // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: Сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск: Издательство Брянская ГСХА, 2013.
5. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В., Ефремов Л. Г., Федоров О. В. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий. Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.
6. Грунтович Н. В., Грунтович Н. В. Индивидуальные компенсаторы (резонаторы) для экономии электрической энергии и повышения коэффициента мощности. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК VIII Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2014. С. 89-92.
7. Анищенко В. А. Инвестиции в системы электроснабжения и энергоэффективность промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие. Минск: БНТУ, 2010. 93 с.
8. Грунтович Н. В., Токочакова Н. В. Проблемные зоны системы управления энергоэффективностью промышленных потребителей республики // Энергоэффективность. 2008. № 3. С. 6-10.
9. Токочакова, Н. В. Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления. // Изв. высш. учеб. завед. и энергет. объедин. СНГ – Энергетика. 2006. № 3. С. 67–75.
10. Грунтович Н. В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.
11. Маркарянц Л. М., Самородский П. А. Контроль сопротивления изоляции во время работы электроустановок. // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Международная научно-техническая конференция. Брянск, 2012. С. 101-103.
12. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КОМПОЗИЦИОННЫМИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

*ГУРЬЯНОВ Г.В., КИСЕЛЬ Ю.Е., ИВАШКИН Ю.А., ОБОЗОВ А.А.,
ЛЫСЕНКО А.Н.*

Аннотация: Показана целесообразность применения композиционных электрохимических покрытий для повышения износостойкости быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники. Изучено влияние режимов электролиза на износостойкость покрытий. Показано, что гальванический способ нанесения композиционных покрытий на детали с целью восстановления их размеров и повышения износостойкости обладает такими достоинствами, как возможность создание КЭП с заданными свойствами, простота нанесения равномерного слоя регулируемой толщины, отсутствие термического воздействия на деталь и покрытие, возможность исключения последующей механической обработки, низкая себестоимость. Процесс легко управляем, относительно просто регулируется и допускает автоматизацию.

Ключевые слова: Композиционные электрохимические покрытия, износостойкость, микротвердость, дисперсная фаза

WEAR RESISTANCE INCREASE OF CARS' DETAILS BY COMPOSE ELECTROCHEMICAL COVERINGS

GURJANOV G.V., KISEL J.E., ABOZOV A.A., IVASHKIN Y.A., LISENKO A.N.

Abstract: The expediency of application of composite electrochemical coatings to increase wear resistance of wearing parts of agricultural machinery. The influence of electrolysis conditions on the wear resistance of coatings. It is shown that galvanic method of applying a composite coating on the workpiece in order to restore their size and improve the wear resistance has such advantages as the possibility of creation of the CEP with desired properties, ease of applying a uniform layer of variable thickness, the absence of thermal effects on the workpiece and the coating, the ability to exclude subsequent machining, low cost. The process is easy to control, is regulated by relatively simple and allows automation.

Keywords: composite electrochemical coatings, resistance increase, microhardness, dispersed phase.

Введение в электролитическое железо твердых дисперсных частиц позволяет получить композиционный материал, обладающий в десятки раз более высокую износостойкость в сравнении с обычными покрытиями, и весьма перспективны для упрочнения деталей, работающих в контакте с абразивными средами. Свойства композиции формируются сочетанием свойств матрицы и наполнителя. Однако, недостаточная изученность свойств и методов получе-

ния, ограничивает применение композиционных гальванических покрытий в ремонтном производстве.

Актуальность проблемы возрастает в связи с интенсификацией сельскохозяйственной техники и увеличение объемов использования для ее изготовления легированных сталей. Применение КЭП позволит не только увеличить надежность и долговечность новых и восстановленных деталей машин, но и во многих случаях заменить дефицитные легированные стали и чугуны на более дешевые сорта металла.

Широкий класс деталей машин, работающих в сельском хозяйстве, достигает предельного состояния вследствие абразивного изнашивания и его разновидностей: контактно-абразивного, гидро- и газоабразивного. Распространенность данного вида износа обусловлена тем, что многие детали машин, и их рабочие органы и инструменты по характеру выполняемых функций неизбежно соприкасаются с материалами, способными вызвать процесс абразивного изнашивания. Абразивный износ также нередко является доминирующим и в тех случаях, когда контакт с посторонними твердыми частицами не связан непосредственно с выполнением технологической операции, а обусловлен загрязненностью среды (воздуха, воды, топлива). Наиболее характерными представителями деталей, подверженных "чистому" абразивному изнашиванию являются плужные лемехи, лапы культиваторов и другие исполнительные элементы рабочих органов почвообрабатывающих машин. Процесс взаимодействия этих рабочих органов при перемещении в почвенной среде сводится к воздействию на почву клина с плоской или криволинейной поверхностью. При этом происходит уплотнение, скалывание, а затем и перемещение почвы по рабочей поверхности клина. Абразивные частицы изнашивают клин под действием приложенного к ним нормального и сдвигающего усилий. При этом нормальное давление почвы на клин состоит из динамического и статического давления пласта. Гидроабразивное изнашивание является преобладающим для деталей гидравлических и топливных систем тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин. Механизм изнашивания деталей гидросистем состоит в следующем. Если величина зазора между движущимися деталями (например, золотник - корпус) соизмерима с величиной абразивных частиц, попавших в масло, возникает возможность непосредственного силового воздействия системы деталь-абразив-деталь, которое сопровождается абразивным изнашиванием. Если размеры абразивных частиц существенно меньше зазора в сопряжении, то силовое воздействие на деталь возможно только за счет энергии удара о поверхность и сил сопротивления жидкости. Эта схема взаимодействия сопровождается гидроабразивным изнашиванием [1].

В "чистом виде" абразивное изнашивание встречается редко, поскольку дисперсный состав абразивных частиц и величина зазоров не обладают постоянством. В зависимости от той или иной схемы контакта абразивных частиц с поверхностью деталей износ зависит от многих, изменяющихся в широком диапазоне, факторов: прочности частиц, параметров зазора, скорости потока жидкости и других. Примерами деталей, подвергающихся газоабразивному из-

нашиванию, являются детали газораспределительных систем двигателей, лопасти вентиляторов, детали систем пневмотранспортирования (табл. 1).

Таблица 1 – Основные виды абразивного изнашивания деталей сельскохозяйственных машин

Виды изнашивания	Условия изнашивания	Номер группы	Примеры изнашивающихся деталей и рабочих органов
Абразивный в массе частиц	При перемешивании в почвенной массе и минеральных удобрениях	1	Плужные лемехи, культиваторные лапы, плужные отвалы, полевые доски, шнеки погрузчиков удобрений
	При перемещении в растительной массе, содержащей абразивные частицы		Ножи силосоуборочных комбайнов, сегменты жаток, шнеки уборочных машин, детали силосопроводов
Контактно-абразивный	При трении скольжения с абразивными частицами в контакте	2	Открытые шарнирные соединения, подшипники скольжения, зубья звездочек и звенья цепей, звенья гусениц, балансиры.
	То же, при трении качения		Шестерни открытых передач, опорные катки, поддерживающие ролики.
Гидро- и газоабразивный	Твердые частицы в потоке жидкости	3	Сопла и дефлекторы дождевых машин, распыливающие наконечники опрыскивателей, колеса центробежных насосов, прецизионные и другие детали топливных и гидравлических систем
	То же, в потоке воздуха		Лопатки вентиляторов, детали систем пневмотранспортирования, молотки дробилок, детали всасывающих систем двигателей внутреннего сгорания

По оценкам многих исследователей линейный абразивный износ 80% деталей находится обычно в пределе 0.05...0.5 мм [1-6]. Только по ограниченной номенклатуре деталей (порядка 10% ремонтного фонда): пальцы и звенья гусениц, беговые дорожки опорных катков и направляющих колес, исполнительные рабочие органы почвообрабатывающих машин, абразивный износ достигает нескольких миллиметров. Выбор рационального метода восстановления таких деталей обусловлен величиной их износа, материалом детали, условиями ее эксплуатации и другими параметрами.

Универсальный подход к выбору способа восстановления деталей дал А. Н. Батищев [7]. Следует отметить, что оценка по этому критерию способов восстановления деталей показала, что наиболее рациональным из них является электро-контактная приварка ленты и железнение, что свидетельствует о высо-

кий эффективности этого способа восстановления деталей не имеющего себе равных при массовом восстановлении деталей с малыми износами.

Способы восстановления деталей, подверженных абразивному изнашиванию (табл. 2):

- ручная сварка и наплавка;
- автоматическая наплавка под слоем флюса;
- автоматическая вибродуговая наплавка;
- электрошлаковая наплавка;
- механизированная наплавка в среде водяного пара;
- восстановление заливкой жидким металлом;
- восстановление пластическим деформированием;
- постановка дополнительных ремонтных деталей;
- восстановление гальванопокрытиями;
- упрочнение гальванопокрытиями;
- намораживание;
- плазменная наплавка;
- химико-термическое насыщение;
- алмазное хонингование.

Наибольшее распространение, ввиду существенных преимуществ перед другими способами, имеет железнение, однако технологический процесс нанесения железных покрытий нуждается в совершенствовании, так как ресурс восстановленных деталей заметно ниже новых [12].

Покрyтия электролитического железа приближаются по твердости и износостойкости к закаленной среднеуглеродистой стали. В качестве износостойкого покрытия их рационально использовать для деталей, не выше стали 45 или 50, закаленной [13]. Упрочнение и повышение износостойкости углеродистых сталей, в частности, используемых для изготовления деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания, возможно за счет создания прочных сплавов на основе железа и улучшения их свойств, либо за счет полного изменения свойств покрытий, приобретенных ими в процессе электроосаждения, последующей термо-механической или химико-термической обработкой (борированием, науглероживанием, карбонитрированием и другими) [19,20]. Но наиболее эффективным является восстановление деталей электролитическими композициями (КГП), так как отпадает необходимость дополнительной обработки, которая связана с затратами средств на оборудование и дорогостоящие материалы. Следует отметить, что начатые в 1960 году Р. С. Сайфулиным исследования по выяснению возможности осаждения металлов и сплавов с дисперсными материалами различной природы, позволили установить, что дисперсная фаза значительно повышает твердость и в десятки раз износостойкость покрытий [12,13].

Таблица 2 – Способы восстановления деталей, подверженных абразивно-му изнашиванию

Способ восстановления	Опорные катки, поддерживающие ролики	Звено гусеницы	Ведущее колесо	Направляющее колесо	Коленчатая ось	Ось качания	Золотники гидрораспределителей	Плунжерные пары топливных насосов	Плужные лемехи
Ручная сварка и наплавка		+	+		+				+
Автоматическая наплавка под слоем флюса	+			+					
Автоматическая вибродуговая наплавка					+	+			
Электрошлаковая наплавка	+								
Механизированная наплавка в среде водяного пара	+		+						
Восстановление заливкой жидким металлом	+	+	+						
Восстановление пластическим деформированием		+							
Постановка дополнительных ремонтных деталей	+	+	+	+	+	+	+	+	
Восстановление гальванопокрытиями							+	+	
Плазменная наплавка	+	+	+	+	+	+	+		
Химико-термическое насыщение							+	+	

Композиционные гальванические покрытия можно получить из известных электролитов в присутствии механических порошков, диспергированных полимерных материалов, оксидов, карбидов, боридов, сульфидов и других. С увеличением концентрации порошков в гальванической ванне количество частиц в покрытиях может достигать 30-40%. Однако внедрение КГП в практику машиностроительных и ремонтных предприятий сдерживается ограниченностью сведений об условиях получения и свойствах композиционных покрытий. Анализ условий повышения износостойкости "чистых" материалов и износостойкости КГП в различных условиях показал, что триботехнические свойства КГП теснейшим образом связаны с прочностью взаимодействующих разнородных

материалов, составляющих композицию. Аналогичное мнение выражается и авторами работ [13], посвященных теоретическому анализу причин высокой износостойкости композиций и исследованиям взаимосвязи триботехнических свойств твердых тел со структурой и свойствами материалов.

Вместе с тем, в ряде работ первопричины выдвигается формирование твердыми включениями благоприятного рельефа поверхности контртела [7]. Триботехнические свойства композиционных материалов рассматриваются применительно к особым условиям эксплуатации: при трении по монолитному абразиву, воздействии потока абразивных частиц или гидроабразивного потока, в вакууме и другие. В работах Р. С. Сайфулина, Г. В. Гурьянова и других авторов, посвященных износостойкости КГП с включением частиц второй фазы различной природы, различных размеров и содержания проведены исследования по изучению влияния дисперсных частиц на износостойкость и другие физико-механические свойства КГП. Твердость частиц второй фазы в этих покрытиях изменялась от 1.0 до 50.0 ГПа, размер – от 0.5 до 40 мкм. Стоимость частиц колеблется в очень широких пределах [4].

Такое разнообразие применяемых дисперсных частиц объясняется тем, что в настоящее время нет единых критериев их выбора по физико-механическим свойствам, размерами содержанию частиц второй фазы для получения наиболее износостойких покрытий. Функциональные свойства и назначение частиц второй фазы в дисперсно-упрочненных и износостойких КГП принципиально различны. При дисперсном упрочнении частицы упрочняют матрицу, лимитируя предельный свободный путь дислокаций, а при работе покрытий на износ, частицы выступают как рабочая часть гетерогенной системы, воспринимающая на себя основную нагрузку и распределяющая ее в матрице [5].

Сравнительно крупные частицы не могут эффективно упрочнять материал посредством торможения дислокаций, но все же активно препятствуют пластическому течению поверхностных слоев в процессе трения [6,7].

Введение в гальванические покрытия неметаллических дисперсных частиц является эффективным способом улучшения физико-механических свойств, повышения износостойкости и увеличения производительности процесса электроосаждения данных покрытий.

Высокую износостойкость КГП связывают с тем, что твердые частицы, выступая в процессе изнашивания из сравнительно мягкой матрицы, являются теми площадками контакта, которые при трении подвергаются наиболее интенсивному нагружению. Обладая высокими физико-механическими свойствами, они предотвращают адгезию металлических поверхностей и схватывание, а также способствуют лучшему распределению смазки по рабочей поверхности сопрягаемых деталей при ее недостаточной подаче в сопряжение.

По модели Кедварда, трение обуславливается материалом матрицы и частиц, их поверхностной энергией, структурными особенностями, внешними условиями [9]. Трение и изнашивание КГП во многом определяется субмикроструктурными характеристиками. Твердые частицы способствуют накоплению дислокационных петель, рассеиванию текстуры, что уменьшает число участков активного адгезионного взаимодействия при трении.

Специфичность строения композиционных покрытий (высокая твердость частиц и относительно низкая твердость матрицы) сказывается на развитии особого эксплуатационного рельефа при трении, так как различные по твердости фазы композиций оказывают не одинаковое сопротивление деформации и изнашиванию.

В случае приложения распределенной нагрузки, напряжения в при поверхностном слое матричного материала существенно ниже, чем в при поверхностном слое твердых включений. Это происходит потому, что равномерно распределенная нагрузка одинаково деформирует как матрицу, так и включения, однако, поскольку модуль упругости матрицы ниже, чем модуль упругости включений, напряжения в матрице оказываются соответственно меньшими [1].

Следует отметить, что износостойкость КГП исследовали в основном при трении со смазкой, без смазки, при повышенных температурах, тогда как работы по определению долговечности КГП в условиях абразивного изнашивания нам неизвестны. Вместе с тем, они могут быть весьма перспективны для восстановления плужных лемехов. Как отмечалось выше, износостойкость КГП определяется сочетанием свойств матрицы и наполнителя. Поэтому очень важно создать оптимальную структуру основы композиции. Для этого можно использовать различные электролиты: хлористый, сернокислый, сульфатно-хлористый, кремнефтористоводородный, борфтористоводородный, органические и другие [5].

Борфтористые и кремнефтористоводородные электролиты не нашли применения в ремонтном производстве [4]. Первые из-за сложности приготовления и высокой химической активности, вторые из-за отсутствия производственных рекомендаций и недостаточной изученности. Органические электролиты, рекомендуемые для восстановления изношенных деталей, составляют особую группу растворов. Из метилсульфатного и глицеринсульфатного электролитов получают ненапряженные покрытия с высокой микротвердостью. Электролиты устойчивы в работе при $pH=1.6...2.0$. Однако, они сложны в изготовлении, малопродуктивны и содержат в своем составе дорогостоящие компоненты. Наибольшее распространение на ремонтных предприятиях получил процесс железнения из хлористых электролитов [7]. По химическому составу близки к армко железу, а по некоторым свойствам (твердость, износостойкость, коррозионная стойкость) напоминают углеродистую сталь. Процесс железнения имеет высокую производительность. Сернокислые электролиты, применяемые для нанесения износостойких покрытий, позволяют получать плотные осадки железа с небольшим содержанием водорода и микротвердостью до 4.0 ГПа. По сравнению с хлористыми они менее агрессивны и более стойки к окислению, обладают лучшей рассеивающей способностью. Они уступают хлористым по производительности и прочности сцепления покрытий с углеродистыми сталями. Однако, из сернокислых электролитов получают более прочные и пластичные осадки. Таким образом, наиболее приемлемы для формирования металлической матрицы КГП хлористый и сернокислые электролиты. Процесс осаждения из них отличается наибольшей производительностью и надежностью, при относительно невысокой стоимости реактивов. Вместе с тем, анализ литерату-

ры показал, что свойства осадков, полученных из этих электролитов, исследователи связывают с условиями электролиза, в то время как они определяются структурой материала.

Поэтому первостепенным при выборе электрохимического способа восстановления деталей является изучение взаимосвязи структуры и физико-механических свойств покрытий.

Как изложено выше, не менее важным компонентом износостойкого композиционного покрытия является дисперсный твердый наполнитель. При его выборе рекомендуют руководствоваться соотношением [9]

$$H_{\mu}^d : H_{\mu}^m = 4 \dots 8,$$

где H_{μ}^d и H_{μ}^m – микротвердость, соответственно, дисперсной фазы и матрицы.

Так как, общая микротвердость электролитического железа колеблется от 4.5 до 6.5 ГПа, то для получения КГП с высокой износостойкостью необходимо применять частицы с твердостью 20...50 ГПа. Такой твердостью обладают частицы оксида алюминия (24 ГПа), карбида (30...35 ГПа), карбида бора (49 ГПа) и др.

Анализ литературы и предварительные лабораторные испытания позволяют заключить, что для получения износостойких композиций на основе железа наиболее целесообразно применять частицы оксида алюминия или карбида бора [12-19].

В связи с тем, что КГП предполагается восстанавливать детали, работающие в условиях абразивного изнашивания, необходимо, чтобы частицы дисперсной фазы были не только твердыми и прочными, но и вязкими. Следует отметить, что частицы карбида бора при высокой твердости могут хрупко разрушаться при износе, поэтому предпочтительнее электрокорунд белый (Al_2O_3), имеющий твердость 24 ГПа, модуль упругости $E = 200 \dots 275$ ГПа, предел прочности при изгибе 220...345 МПа. Для применения в ремонтном производстве важны также доступность электрокорунда и его невысокая стоимость по сравнению с карбидом бора [18].

Литература

1. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е., Юдина Е. М., Юдин М. О. Влияние прочности компонентов электрохимических композитов на их износостойкость // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. №43. С. 303-306.
2. Юдина Е. М., Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е., Лысенко А. Н. Стойкость композиционных покрытий при абразивном изнашивании // Сельский механизатор. 2015. №3. С. 34-35

3. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е., Юдина Е. М. Определение параметров микроструктуры электрохимических покрытий по их дилатации // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 43. С. 295-299.
4. Кисель Ю. Е., Кисель П. Е., Гурьянов Г. В., Юдина Е. М. Рассеяние микротвердости гальванических покрытий // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 19. С. 219-222.
5. Крагельский И. В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 518 с.
6. Батищев А. Н. обоснование рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1992, № 9-12. С. 30-31.
7. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия. Брянск: Издательство БГИТА, 2006. 121 с.
8. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е. Повышение экологичности гальванических производств. Брянск: Издательство БГИТА, 2007. 90 с.
9. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е. Электрохимические сплавы и композиты на основе железа. Брянск: Издательство БГИТА, 2015. 98 с.
10. Мелков В. Е., Швецов А. Н., Мелкова И. М. Восстановление автомобильных деталей твердым железом // 2-е изд. перераб. и доп. М.: Транспорт, 1982. 198 с.
11. Гурьянов Г. В. Структура и механические свойства электролитических железных покрытий. Препринт ИПФ АН МССР, Кишинева, 1989. 63 с.
12. Батищев А. Н. Ресурсосберегающая технология восстановления деталей гальваническими покрытиями. Дисс. докт. техн. наук. М.: 1992. 53 с.
13. Ключкин И. Е. Исследование условий получения и свойств твердых электролитических сплавов железо-никель. Автореф. дисс. канд. хим. наук. Саратов, 1965. 32 с.
14. Вячеславов П. М. Электролитическое осаждение сплавов. Л.: Машиностроение, 1971. 143 с.
15. Сайфулин Р. С. композиционные покрытия и материалы. М.: Химия, 1977. 272 с.
16. Шайдулин А. М. Повышение прочности сцепления электролитического железа с легированной сталью при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Кишинев, 1990. 19 с.
17. Ожегов Н. М., Капошко Д. А., Будко С. И. Методы снижения изнашивающей способности почвы при трении деталей почвообрабатывающих машин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2009. № 13. С. 132-133.
18. Электролитическое осаждение железа / Под ред. Г. Зайдмана. Кишинев: Штиинца, 1990. 193 с.
19. Белоус Н.М. Брянская государственная сельскохозяйственная академия 30 лет на службе образования и науки. // Агрохимический вестник. 2011. № 3. С. 2.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВОДА РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

ГУРЬЯНОВ Г.В., ЮДИНА Е.М.

Аннотация: Рассмотрены варианты замены тяжелого механического привода рабочих органов сельскохозяйственных машин на гидравлический.

Ключевые слова: привод, гидравлика, энергоемкость, насос, мотор.

PERFECTION OF DRIVE OF WORKERS ORGANS OF AGRICULTURAL MACHINES

GURJANOV G.V., YUDINA E.M.

Abstract: The variants of replacement of heavy mechanical drive of working organs of agricultural machines are considered on hydraulic.

Keywords: drive, hydraulics, power-hungryness, pump, motor.

Введение. Одна из главных проблем сельскохозяйственного производства в последние годы – разработка и внедрение машин повышенной мощности с использованием гидравлики и автоматики. Широкое использование гидропривода объясняется рядом его преимуществ по сравнению с другими типами приводов: небольшая масса и размеры, возможность бесступенчатого регулирования скорости рабочих органов, независимое расположение элементов гидропривода, надежное предохранение от перегрузок, удобство управления и обслуживания, возможность автоматизации процесса. Для создания нового поколения гидрофицированных сельскохозяйственных машин необходимо решить проблему унификации и функциональной взаимозаменяемости гидроприводов [1,5-8].

Материал и методика исследования. Некоторые сельскохозяйственные машины, выпускаемые отечественной промышленностью могут быть усовершенствованы за счет замены тяжелых и громоздких механических приводов на гидравлический.

Так, в частности, опыт эксплуатации косилки ротационной садовой КРС-3 в садоводческих хозяйствах Краснодарского края показал, что эта косилка достаточно хорошо работает на скашивании трав в залуженных садах. Однако при эксплуатации этих косилок выявлены некоторые недостатки: несовершенство привода рабочих органов и значительная масса косилки.

Несовершенство привода рабочих органов проявляется в том, что при работе агрегата с большой нагрузкой ремни, применяемые в клиноременной передаче быстро выходят из строя, что не позволяет агрегату работать на высоких скоростях и снижает производительность.

Второй недостаток – значительная масса косилки, которая приводит к затруднению маневрирования агрегата.

Мы предлагаем заменить тяжелый механический привод (два редуктора, две соединительные муфты и две клиноременные передачи с массивными шкивами) на гидравлический с одной зубчато-ременной передачей для привода насоса. Это позволит повысить рабочую скорость агрегата, а, следовательно, повысить производительность и снизить эксплуатационные расходы на обслуживание привода. При модернизации предлагается использовать аксиально-поршневые насос и два гидромотора, по одному на каждый ротор [2].

Кинематическая схема привода показана на рисунке 1. Крутящий момент от ВОМ трактора (рис. 1) передается на один конец ведущего вала, установленного на двух подшипниках качения. На другом конце ведущего вала установлен ведущий шкив зубчато-ременной передачи со встроенной обтачной муфтой. Ведомый шкив установлен на вал гидронасоса на специальной опоре над валом ротора косилки и соединен с насосом при помощи гибких рукавов высокого давления. На основании выполненных расчетов выбираем гидромоторы типа 310.12.00, и нерегулируемый аксиально-поршневой насос типа 310.12.03.

При посеве зерновых колосовых культур в последние годы отдается предпочтение комбинированным посевным агрегатам. К наиболее широко используемым на предприятиях АПК агрегатам относится АУП-18. В процессе эксплуатации агрегата АУП-18 также был выявлен ряд недостатков.

Первым основным недостатком является ошибочный выбор привода валов высевающих аппаратов от валов прикатывающих катков. При влажности почвы более 20-30 % агрегат неработоспособен, так как из-за забивания катков прикатывающих валы высевающих аппаратов не вращаются. Вторым недостатком является свертывание по ширине цепи цепного загортача после поворота агрегата. Рабочее положение цепь принимает после перемещения агрегата по прямой на 10-15 м. Мы разработали предложения по исправлению указанных выше недостатков. Как указывалось выше, привод зерно- и туковысевающих аппаратов от вала колес прикатывающих оказался неработоспособным. Привод от боковых опорных колес также неприемлем, так как требует изменения конструкции колеса и диска. Привод от ВОМ трактора требует установок тяжелого двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора, для которого на раме агрегата АУП-18 практически нет места.

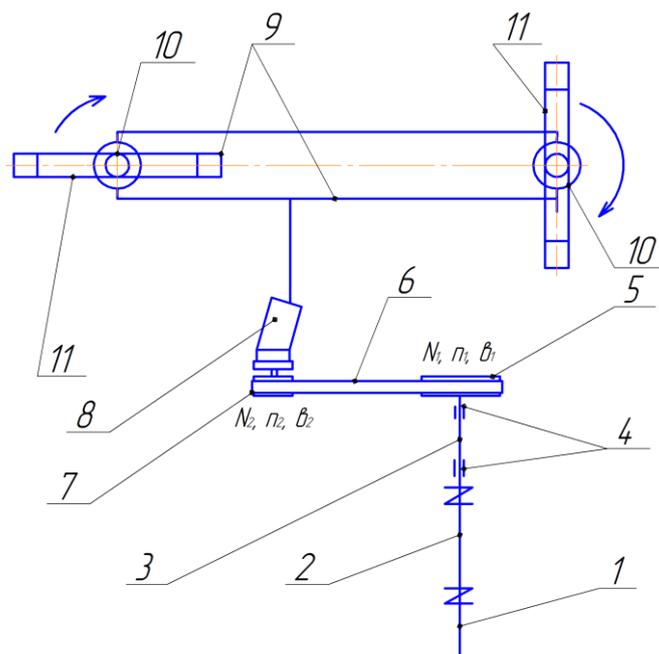


Рис. 1. Кинематическая схема привода рабочих органов косилки.

1 – ВОМ трактора; 2 – карданный вал; 3 – ведущий вал; 4 – подшипник качения; 5 – ведущий шкив зубчато-ременной передачи со встроенной обгонной муфтой; 6 – зубчатый ремень; 7 – ведущий шкив; 8 – насос аксиально-поршневой; 9 – трубопроводы; 10 – гидромотор аксиально-поршневой; 11 – ротор косилки; 12 – масляный бак

Первым основным недостатком является ошибочный выбор привода валов высевающих аппаратов от валов прикатывающих катков. При влажности почвы более 20-30 % агрегат неработоспособен, так как из-за забивания катков прикатывающих валы высевающих аппаратов не вращаются. Вторым недостатком является свертывание по ширине цепи цепного загортача после поворота агрегата. Рабочее положение цепь принимает после перемещения агрегата по прямой на 10-15 м. Мы разработали предложения по исправлению указанных выше недостатков. Как указывалось выше, привод зерно- и туковысевающих аппаратов от вала колес прикатывающих оказался неработоспособным. Привод от боковых опорных колес также неприемлем, так как требует изменения конструкции колеса и диска. Привод от ВОМ трактора требует установок тяжелого двухступенчатого коническо-цилиндрического редуктора, для которого на раме агрегата АУП-18 практически нет места.

Считаем рациональным использовать в этом случае гидравлический привод. Это позволит создать простой, контактный и надежный привод и, что особенно важно, обеспечит постоянство требуемых частот оборотов зерно- и туковысевающих аппаратов [5-8]. Кинематическая схема привода показана на рисунке 2.

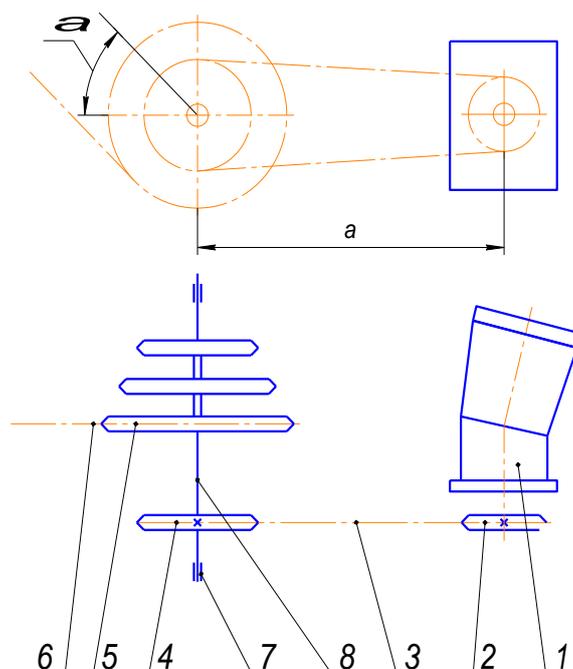


Рисунок 2 – Кинематическая схема привода валов зерно- и туковысевающих аппаратов агрегата АУП-18.

1 – аксиально-поршневой гидромотор; 2 – ведущая звездочка цепной передачи; 3 – роликовая цепь; 4 – ведомая звездочка; 5 – сменные звездочки привода высевающего аппарата; 6 – роликовая цепь привода высевающих аппаратов; 7 подшипники качения; 8 – промежуточный вал

Вращение от вала гидромотора 1 передается с помощью цепной передачи на промежуточный вал 8, на котором установлен блок сменных звездочек для изменения частоты вращения вала высевающих аппаратов.

Нами были выполнены расчеты для модернизированной цепной передачи. Была подобрана роликовая цепь для первой ступени привода высевающих аппаратов агрегата АУП-18 от гидромотора до промежуточного вала 8. По каталогу принят гидромотор регулируемый 303.2.28.

Выводы. Использование при изготовлении машин рекомендаций по совершенствованию привода их рабочих органов приведет к увеличению производительности агрегатов и, как следствие, к снижению энергоемкости процесса, сокращению трудовых и материальных затрат. Необходимо как можно шире внедрять разработки ведущих организаций и специалистов АПК [3,4], что позволит повысить конкурентоспособность отечественных производителей и снизить зависимость агропредприятий от импортных производителей сельскохозяйственных машин.

Литература

1. Гидропривод сельскохозяйственной техники: пособие / В. С. Лахмаков [и др.]. Минск: БГАТУ, 2008. с. 164.
2. Юдина Е. М., Юдин М. О., Сергунцов А. С. Модернизация привода ротационной косилки // Научные исследования и разработки в эпоху глобализа-

ции Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2016. С. 111-113.

3. Юдина Е. М., Юдин М. О., Журий И. А. Комбинированный агрегат для посева зерновых колосовых // Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 32-34.

4. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю., Яркин Д. С. Изучение гидропосева овощных культур с применением электроактивированной воды. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2014. №02(096). С. 66 – 79.

5. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Электрохимические сплавы и композиты на основе железа. Брянск: Издательство БГИТА, 2015. 98 с.

6. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е., Юдина Е. М., Юдин М. О. Влияние прочности компонентов электрохимических композитов на их износостойкость // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. №43. С. 303-306.

7. Гурьянов Г. В., Кисель Ю. Е. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия. Брянск: Издательство БГИТА, 2006. 121 с.

8. Якимов Ю. И., Иванов В. П., Припоров Е. В., Заярский В. П., Волков Г. И., Селивановский О. Б. Устройство для поверхностного рассева минеральных удобрений и других сыпучих материалов / Патент на изобретение RUS 2177216 14.03.2000 6. Трубилин Е. И., Труфляк И. С., Труфляк Е. В. Альтернативный режущий аппарат механических косилок // Техника и оборудование для села. 2013. № 2. С. 10-12.

9. Трубилин Е. И., Труфляк И. С., Труфляк Е. В. Альтернативный режущий аппарат механических косилок // Техника и оборудование для села. 2013. № 2. С. 10-12.

10. Маркарянц Л. М., Безик В. А., Никитин А. М. Снижение концентрации вредных веществ в ремонтных мастерских при использовании сварочного оборудования. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 2 (2011). С. 88-91.

УДК 004:378

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ПОВЫШАЮЩИЙ ФАКТОР КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ БАКАЛАВРОВ ВУЗА

ВЕРЕЗУБОВА Н.А

Аннотация: Современные информационные технологии открывают доступ студентам к различным источникам информации, повышают эффективность самостоятельной работы, позволяют реализовать принципиально новые формы и методы обучения. Информационные технологии в высшей школе ис-

пользуются для подготовки специалистов в области информационных технологий, обучаемых средствами педагогических и информационных технологий к самостоятельной познавательной деятельности.

Ключевые слова: информатизация образования, информационные технологии, дистанционное обучение, компьютерная грамотность, учебно-познавательная деятельность, электронные тесты, мультимедиа, знания, умения, навыки, компетенции, информационная культура.

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY AS A FACTOR INCREASING THE QUALITY OF EDUCATION BACHELORS OF THE UNIVERSITY

VEREZUBOVA N.A.

Annotation: Modern information technologies offer students access to various sources of information, enhance the efficiency of independent work, allows to implement a fundamentally new forms and methods of teaching. Information technology in higher education are used for training specialists in the field of information technology, the learners by means of educational and information technologies to independent cognitive activity.

Keywords: Informatization of education, information technology, distance learning, computer literacy, educational activities, e-tests, multimedia, knowledge, abilities, skills, competences, information culture.

Без информационных технологий уже невозможно представить обучение, работу, да и вообще современную жизнь. В настоящее время университет, академия, гимназия, школа, техникум, колледж, а порой, и детский сад оснащены новейшей компьютерной техникой. Разнообразие аппаратного и программного обеспечения, быстрая смена поколений компьютеров, операционных систем и прикладных программ приводит к тому, что не только начинающие, но и более опытные пользователи недостаточно эффективно используют потенциальные возможности современных информационных технологий образования.

Сейчас в России идет становление новой системы образования, ориентированной на вхождение в мировое образовательное пространство. Информационные технологии, проникая во все сферы человеческой деятельности, образуют глобальное информационное пространство. Неотъемлемой и важной частью этих процессов является информатизация образования. Использование новых информационных технологий в процессе обучения является одним из основных путей повышения качества высшего образования, открывая возможности для обновления содержания обучения и методов преподавания, а также для расширения доступа к высшему образованию.

Современные информационные технологии открывают доступ студентам к нетрадиционным источникам информации (Интернет), повышают эффективность самостоятельной работы (АОС и различные тестирующие системы), поз-

воляют реализовать принципиально новые формы и методы обучения (дистанционное обучение и др.) [4].

Использование новых информационных технологий позволяет усилить интеллектуальные возможности студентов, создавая условия для активизации их познавательной деятельности. В то же время следует отметить, что внедрение в учебный процесс информационных технологий требует проведения огромной работы в вузе по профессиональному росту преподавателей, обновлению содержания образовательных программ, их структуры, адаптированных к новым технологиям обучения, воспитания и развития личности студентов [1].

В системе информационных форм и методов обучения значительное место занимает дистанционное обучение (ДО), которое широко используется в высшей школе во всем мире и успешно внедряется и в высшую школу России. Как известно, дистанционная форма обучения – это получение образовательных услуг без посещения вуза, с помощью современных информационно-образовательных технологий и систем телекоммуникаций, таких как электронная почта и Интернет.

Развитие дистанционного обучения обусловлено рядом объективных причин. Во-первых, в современных условиях значительно усложнилась структура вуза за счет создания самостоятельных подразделений, находящихся за пределами территории, где расположен вуз, а также дальнейшим развитием системы заочного образования. Во-вторых, динамичное развитие науки и техники приводит к тому, что знания, полученные в процессе обучения в вузе, устаревают и требуют постоянного обновления. Дистанционное обучение может обеспечить непрерывное обновление знаний и повышение квалификации. В-третьих, дистанционное образование позволяет удешевить процесс обучения как для вуза, так и, особенно, для обучаемых, учитывая их затраты времени, а также расходы на передвижение и проживание дома. Это позволяет обеспечить значительное расширение контингента обучаемых, в том числе лиц с проблемным здоровьем. По экспертным оценкам затраты на обучение специалиста по системе дистанционного обучения составляют на 35-40% ниже, чем на подготовку специалиста по дневной форме обучения.

Вместе с тем, внедрение дистанционного обучения в учебный процесс в вузе и его эффективное функционирование сталкивается с существующими трудностями и проблемами. Это, во-первых, создание единого информационного пространства. Невысокие темпы распространения сети Интернет обусловлены экономическим состоянием страны. Так, согласно индексу готовности стран к сетевому миру, Россия среди 75 наиболее развитых стран находится на 66-м месте по такому показателю, как информационно-коммуникационная структура, на 62-м по программно-аппаратному обеспечению, на 71-м по использованию информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в учебном процессе. Во-вторых, повышение квалификации всех преподавателей в области информационных технологий, в том числе и по дистанционному обучению. Это особенно актуально, так как Россия согласно индексу готовности стран к сетевому миру среди 75-ти наиболее развитых стран по человеческому капиталу на 38-м месте (уровень образования населения, специалисты в области ИКТ, навыки и

опыт использования ИКТ, мотивация). В-третьих, научно-методическое обеспечение на базе электронных изданий (электронные учебники, пособия для практических занятий и др.) При этом главной отличительной чертой их должно быть доступность для самостоятельного обучения, наглядность, иллюстрированность на основе примеров. Необходимо также создание обучающих и контролирующих систем. В-четвертых, обучающийся должен иметь мультимедийный компьютер, оснащенный необходимыми программами. В-пятых, немаловажной проблемой является поиск рациональных путей и методов снижения затрат на внедрение и эффективное функционирование дистанционного обучения.

Следует отметить, что оценить реальное состояние дистанционного образования в России весьма сложно из-за отсутствия специальной статистики. По данным Министерства образования и науки в настоящее время более половины вузов, как государственных, так и негосударственных реализуют профессиональные образовательные программы с применением дистанционных образовательных технологий.

Одним из перспективных направлений совершенствования высшего образования на базе использования современных информационных технологий является создание и применение электронных тестов. Их применение позволяет сделать более эффективным контроль студентов по всем видам занятий, дать возможность проводить студентам самоконтроль. Особую значимость эта работа приобретает в связи с введением балльно-рейтинговой системы оценки учебных знаний студентов и развитием системы дистанционного обучения [6].

Бумажное тестирование использовалось и ранее, при традиционном обучении, но наиболее целесообразно его использовать при электронном обучении.

Проблемы технического характера, возникающие при внедрении в учебный процесс электронных тестов, связаны с процессом создания тестовых материалов в электронной форме и их применением.

В настоящее время в вузах с точки зрения назначения возможно использование следующих электронных тестов: контролирующих (именно они получили наибольшее распространение в вузах), в которых выбранные студентами ответы не комментируются, а по завершении теста выводится итоговая оценка; с объяснением сделанных ошибок, в которых после каждого ответа выводится соответствующее сообщение, в случае ошибки дополненное правильным ответом. Такие виды тестов лишь начинают внедряться в некоторых вузах страны; обучающие тесты, в которых кроме тестирующей части имеется теоретический материал, содержащий в неявном виде ответы на все вопросы. В вузовской практике данные тесты не используются по причине сложности их разработки [7].

В зависимости от количества предлагаемых вариантов ответа на каждый из вопросов, а также количества из них правильных при разработке электронных тестов можно использовать различные типы тестов, а также их сочетания. Бинарный тест, в котором для ответа на каждый из вопросов выдается всего лишь два варианта, один из которых является правильным. Тест «один из множества», в котором нужно выбрать один правильный ответ из нескольких вариантов. Тест «множество из множества», в котором нужно выбрать несколько правильных ответов из нескольких представленных. Возможно также, когда в

одном из вопросов все ответы правильные. Тесты на соответствие, в которых все представленные ответы правильные, но студенту требуется расставить их в определенном порядке.

Тестовые задания любой формы должны быть прагматически корректными и формулироваться в виде кратких утвердительных предложений с предельным количеством слов в тестовом задании и обязательного соблюдения единообразия заданий, входящих в тест.

Электронное тестирование как метод контроля обладает целым рядом преимуществ перед другими способами определения уровня знаний студентов. Оно позволяет: во-первых, за сравнительно короткое время проверить больший (по сравнению с другими формами контроля) объем материала за одно занятие; во-вторых, ставить студентов в равные условия, поскольку они работают с одинаковым по объему и содержанию учебного материала; в-третьих, исключает субъективность в оценке качества усвоения знаний; в-четвертых, дает возможность преподавателю оперативно осуществлять мониторинг процесса усвоения учебного материала практически на любом этапе обучения; в-пятых, проверить знания студентов практически по всем основным вопросам дисциплины; в-шестых, осуществлять запуск теста на любом персональном компьютере, причем создание и использование электронных тестов не требует от преподавателя и студента глубоких знаний программирования.

Отмеченные преимущества электронного тестирования позволили достаточно эффективно использовать его для диагностики исходного уровня компетенции студентов, промежуточной или итоговой аттестации, государственной аттестации вуза, определения уровня остаточных знаний, выявления и отсева слабо подготовленных студентов, отбора наиболее подготовленных и перспективных учащихся.

Таким образом, создание и применение электронных тестов является одним из перспективных направлений совершенствования высшего образования в России, так как они могут использоваться как для определения уровня компетенции студентов в той или иной области знаний, так и для оценки деятельности преподавателя, т.е. результаты тестирования являются важнейшим показателем качества обучения студентов [2].

Одно из направлений совершенствования учебного процесса на базе внедрения информационных технологий является использование мультимедиа, мультимедийных учебных продуктов.

Следует отметить, что, если необходимость использования в учебном процессе дистанционного обучения и электронного тестирования признается почти всеми преподавателями, то об использовании технологии мультимедиа этого сказать нельзя. О чем свидетельствует дискуссия, развернувшаяся на страницах журнала «Высшее образование сегодня».

Сложилось положение, когда с одной стороны использование мультимедиа высоко оценивается администрацией учебных заведений, а с другой – сами преподаватели скептически оценивают эффективность использования мультимедиа в повышении качества подготовки высококвалифицированных специалистов. На наш взгляд, проблема заключается в противоречивости самого подхода

к использованию технологии мультимедиа в учебном процессе. Все разделяют точку зрения о том, что назрела потребность в новом способе трансляции знаний. Связана она с возрастающим объемом информации и необходимостью увеличения скорости его передачи. За время лекции преподаватель способен произнести голосом не более 20% ной информации, которой владеет сам. Именно здесь должна прийти на помощь мультимедиа – новый способ передачи информации, который не только объединяет в единый комплекс все ранее используемые в учебном процессе традиционные средства – доска, мел, плакат, карта, схема, таблица, диаграмма, диапроектор, магнитофон, киноустановка, но представляет собой нечто качественно новое [5].

Однако чтобы мультимедиа действительно стала инновацией в образовании, способствовал повышению качества обучения, необходимо решение ряда принципиальных проблем.

Во-первых, чтобы прочитать действительно интересную лекцию с использованием мультимедиа, лектор должен в совершенстве знать материал и владеть им. Мы полностью разделяем точку зрения тех преподавателей, которые считают, что при чтении такой лекции «в руках лектора и на кафедре должны отсутствовать всякие подсказки (написанные от руки листочки, распечатки и т.п.), все должно быть только в голове лектора: вся лекция, все определения, схемы, таблицы, все логические переходы от одного вопроса к другому».

Во-вторых, эффективное использование мультимедиа требует от лектора серьезной квалификации в сфере информационных технологий.

Таким образом, чтобы создать и прочитать действительно интересную лекцию с использованием мультимедиа – это огромный труд преподавателя. К сожалению, то, что мы имеем сейчас – это лишь примитивные формы, когда любую лекцию с включенным компьютером называют мультимедийной, хотя демонстрируются лишь дефиниции, классификации, таблички пусть даже цветные и мультяшные. Для того, чтобы технологии мультимедиа действительно стали одним из важнейших направлений повышения качества обучения, необходима кропотливая, творческая работа всего преподавательского состава вуза по дальнейшему их совершенствованию [8,9].

Используя компьютер как средство обучения, можно непосредственно регулировать учебно-предметную среду. Специфические возможности компьютера позволяют осуществлять инструментальную поддержку преподавания соответствующих дисциплин даже в рамках традиционной парадигмы [3].

Один из важнейших элементов информационной культуры человека – знание информационных ресурсов.

Информационные технологии в высшей школе используются для достижения следующих обучающих целей:

1. Реализация социального заказа, обусловленного информатизацией современного общества: подготовка специалистов в области информационных технологий; подготовка обучаемых средствами педагогических и информационных технологий к самостоятельной познавательной деятельности.

2. Интенсификация всех уровней учебного процесса: повышение эффективности и качества обучения за счет применения информационных техноло-

гий; выполнение и использование стимулов активизации познавательной деятельности; углубление межпредметных связей в результате использования современных средств обработки информации при решении задач по самым различным предметам.

3. Развитие личности студента, подготовки его к самостоятельной продуктивной деятельности в условиях информационного общества, развитие творческого мышления; развитие коммуникативных способностей на основе выполнения совместных проектов; формирование информационной культуры.

Литература

1. Вerezубова Н. А., Тюнин А. И. Роль информационных технологий в повышении качества образования // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования. Материалы IX международной научно-технической конференции. Брянск, 2015. С. 35-42.

2. Петракова Н. В. Тестовая технология измерения знаний, ее возможности и ограничения В сборнике: Образование. Инновации. Качество материалы IV международной научно-методической конференции. Ответственный за выпуск В. И. Серебровский. Курск, 2010. С. 139-143.

3. Петракова Н. В. Формирование общекультурных компетенций у студентов в процессе изучения дисциплины «Информационные технологии» // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования. Материалы IX международной научно-технической конференции. Брянск, 2015. С. 213-218.

4. Трайнев В. А., Теплышев В. Ю., Трайнев И. В. Новые информационные коммуникационные технологии в образовании. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2011. 320 с.

5. Тюнин А. И. Эволюция непрерывного образования Профессиональный проект: идеи, технологии, результаты. 2012. № 3. С. 97-103.

6. Тюнин А. И., Вerezубова Н. А. Дистанционные технологии подготовки специалистов наукоемких специальностей: Факторы перехода на новый этап развития // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. Материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 148-155.

7. Уваров А. Ю., Водопьян Г. М. Распространение инновационных учебно-методических материалов. М.: Университетская книга, 2008. 176 с.

8. Урсул А. Д. Информатизация общества и переход к устойчивому развитию цивилизации // Информационное общество. 2010. вып. 1-2. С. 35-45.

9. Белоус Н. М. Брянская государственная сельскохозяйственная академия 30 лет на службе образования и науки. // Агрехимический вестник. 2011. №3. С. 2.

Список организаций

Сокращение	Полное наименование
БГАУ	ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет
СПБГАУ	ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
ГГТУ	УО Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого
КубГАУ	ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет
БГИТУ	ФГБОУ ВО Брянский государственный инженерно-технологический университет
ИТССЭ	Институт технических систем, сервиса и энергетики, г. Санкт-Петербург
ФЭП	Факультет энергетики и природопользования
СЭ	Систем энергообеспечения
ПВ	Природообустройства и природопользования
МФИ	Математики, физики и информатики
БЖД	Безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии надежность технических систем и техногенный риск
МиТКМ	Материаловедения и технологии конструкционных материалов
ЭА	Электрооборудования и автоматики
ЭМТП	Эксплуатации машинно-тракторного парка

Алфавитный указатель авторов

Ф.И.О. автора	Место работы, должность	Ученая степень и звание	Стр.
Башлыков Виктор Акимович	БГАУ, доцент кафедры ЭиА	канд. техн. наук, доцент	77
Безик Валерий Александрович	БГАУ, зав. кафедры ЭА	канд. техн. наук, доцент	21, 47
Василенков Валерий Федорович	БГАУ, профессор кафедры ПВ	д-р техн. наук, профессор	80, 83
Васькин Александр Николаевич	БГАУ, ассистент ЭА	–	87, 90
Василенков Сергей Валерьевич	БГАУ, доцент кафедры ПВ	канд. техн. наук, доцент	80
Верезубова Надежда Александровна	БГАУ, доцент кафедры МФИ	канд. техн. наук, доцент	116
Воронин Алексей Анатольевич	БГАУ, зам. декана ФЭП	–	5
Грунтович Надежда Владимировна	БГАУ, зав. кафедры СЭ	д-р техн. наук, профессор	66
Грунтович Николай Васильевич	БГАУ, профессор кафедры СЭ	д-р техн. наук, профессор	56
Гурьянов Геннадий Васильевич	БГАУ, профессор кафедры СЭ	д-р техн. наук, профессор	103, 112
Жуковец Светлана Григорьевна	ГГТУ, инженер	–	66
Зверева Лариса Алексеевна	БГАУ, доцент кафедры ПиВ	канд. техн. наук, доцент	36
Ивашкин Юрий Александрович	БГИТУ, зав. кафедры физики	канд. техн. наук, профессор	103
Капошко Дмитрий Александрович	БГАУ, декан ФЭиП	канд. техн. наук, доцент	5
Кисель Юрий Евгеньевич	БГАУ, профессор кафедры СЭ	д-р техн. наук, доцент	95, 103
Кровопускова Валентина Николаевна	БГАУ, ст. преподаватель ПиВ	–	27
Коволев Виталий Витальевич	БГАУ, ассистент кафедры ЭА	–	78
Логунов Владимир Владимирович	БГАУ, ассистент кафедры МФиИ	–	16
Лысенко Александр Николаевич	БГАУ, аспирант кафедры СЭ	–	103

Ф.И.О. автора	Место работы, должность	Ученая степень и звание	Стр.
Маркарянц Лариса Михайловна	БГАУ, профессор кафедры СЭ	д-р техн. наук, профессор	21, 47
Никитин Антон Михайлович	БГАУ, ассистент кафедры СЭ	–	21
Обозов Алексей Алексеевич	БГИТУ, ст. препод. каф. механики	–	95,103
Ожегов Николай Михайлович	СПБГАУ, профессор кафедры МиТКМ	д-р техн. наук, профессор	5
Панов Максим Владимирович	БГАУ, доцент кафедры МФИ	канд. техн. наук, доцент	40
Панова Татьяна Васильевна	БГАУ, доцент кафедры БЖД	канд. техн. наук, доцент	40
Петракова Наталья Васильевна	БГАУ, доцент кафедры МФиИ	канд. техн. наук, доцент	30
Погоньшев Владимир Анатольевич	БГАУ, профессор кафедры МФИ	д-р техн. наук, профессор	16
Ружьев Вечеслав Анатольевич	Директор ИТССЭ	канд. техн. наук, доцент	5
Томлеева Светлана Владимировна	БГИТУ, доцент кафедры механики	канд. техн. наук, доцент	95
Третьяков Борис Борисович	ПАО «МРСК ЦЕНТРА»- «Брянскэнерго», зам гл. инженера	–	56
Широбокова Ольга Евгеньевна	БГАУ, доцент кафедры СЭ	канд. техн. наук, доцент	99
Юдина Елена Михайловна	КубГАУ, доцент кафедры ЭМТП	канд. техн. наук, доцент	112

Научное издание

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
ФАКУЛЬТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Научный редактор Ю. Е. Кисель



Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 25.04.2016 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 7,33. Тираж 500 экз. Изд. № 5011.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ