

ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

# АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ



ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

№ 5 (9), 2015г.

ОРЕЛ 2015

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – кандидат технических наук, доцент **А.В. Виноградов**  
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Рунов Борис Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Россельхозакадемии, главный научный сотрудник ГНУ «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека».

**Буяров Виктор Сергеевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет».

**Васильев Алексей Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства».

**Южанинков Александр Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, директор по науке и инновационной деятельности ОАО «Сибирский научно-исследовательский и проектный институт цветной металлургии».

**Олин Дмитрий Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

**Попов Николай Малафеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

**Шарунич Вадим Павлович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», академик МАЭН, директор НИПИ «Градознагропром».

**Черкасова Нина Ильинична**, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой электроэнергетики Рубцовского индустриального института Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

**Коношин Иван Вячеславович**, кандидат технических наук, декан факультета агротехники и энергообеспечения ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет».

**Коломейченко Александр Викторович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет».

**Жосан Артур Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «ЭМТП и тракторы» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет».

**Кузнецов Юрий Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «ТКМ и ОТС» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет».

**Богатырев Мухаммад Абдул-Муталипович**, первый заместитель Председателя Правительства Республики Ингушетия.

**Серебряков Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электрификации и автоматизации сельского хозяйства» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт».

**Осокин Владимир Леонидович**, кандидат технических наук, зав. кафедрой «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»

**Шпиганович Александр Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

**Гавриченко Александр Иванович**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», академик МАНЭБ.

**Плыгун Сергей Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»

ПЕРЕВОДЧИК – старший преподаватель **Н.В. Махиянова**

ПЕРЕВОДЧИК – кандидат филологических наук, доцент **Т.А. Кудинова**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – кандидат технических наук, доцент **Р.П. Беликов**

Зарегистрировано в федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), номер свидетельства ПИ № ФС 77-57754, дата регистрации 18.04.2014.

Договор с РИИЦ №410-07/2014 от 15.07.2014г.

ISSN 2410-5031

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВПО Орловский ГАУ

Адрес издателя и редакции: 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, Орловский государственный аграрный университет, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211. Тел.: 8(4862) 76-11-07

Адрес типографии, 302028, г. Орел, бульвар Победы, 19. Орловский государственный аграрный университет. Тел.: 8(4862) 43-25-53

E-mail: winaleksandr@yandex.ru

Дата выхода журнала: 28.12.2015г.

Распространяется бесплатно.

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ В АПК И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

- МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВОГО ОПЫТА  
ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ  
ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР 6  
**Голубев В.В., Фирсов А.С.**  
*ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная  
академия»*
- ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ  
ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО 12  
СЫРЬЯ  
**Марков А.В.**  
*Харьковский национальный технический университет сельского  
хозяйства имени Петра Василенко*
- АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ 26  
МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
**Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Ровный Е.В.,  
Марченко М.В., Рыбалко И.Н., Сайчук А.В.**  
*Харьковский национальный технический университет сельского  
хозяйства имени Петра Василенко*
- ОТХОДЫ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК  
НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВИД ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ  
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ 33  
ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ В ДИНАМИКЕ  
**Гурин А. Г., Басов Ю. В., Гнеушева В. В.**  
*ФГБОУ ВО Орловский государственный аграрный Университет*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ В КАМЕРЕ КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ 41

**П.А.Чапский, А.И.Рухляда, Н.П.Киселева**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства»*

### **ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЯВЛЕННЫХ СВОТТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП С ВЫБОРОМ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛАМПЫ ПО КРИТЕРИЮ ЦЕНА - КАЧЕСТВО 52

**Бородин М. В., Трусов И.Н.**

*ФГБОУ ВО Орловский государственный аграрный университет*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 10кВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ 58

**Приступа А.Л., Безручко В.М., Тютюнник Ф.А.**

*Черниговский национальный технологический университет*

**Гай А.В.**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

### **ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ, ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАТОРОВ И УДОБРЕНИЙ 68

**Лапин П.А., Елисеев Д.В., Копылов С.А.**

*ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»*

**СТРОИТЕЛЬСТВО И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СРЕДЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ  
КОЛЛЕКТОРОВ 77

**Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.**

*ГОУ ВПО «Луганский университет имени Владимира Даля».  
Институт строительства, архитектуры и ЖКХ*

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ**

СТОЙКА – РАДИАТОР ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА НА  
КРАСИТЕЛЯХ 85

**Деулин Б.И.**

*БОУ ОО СПО «Орловский технологический техникум»*

**Филиппов В. В.**

*ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный  
университет»*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТОЙКА ДЛЯ  
ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С  
МЕМБРАННЫМИ РАДИАТОРАМИ 93

**Деулин Б.И.**

*БОУ ОО СПО «Орловский технологический техникум»*

**Филиппов В.В.**

*ФГБОУ ВО «Орловский государственную аграрный  
университет»*

УДК 631.331.8-522.7:631.53.01-022.51

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВОГО ОПЫТА  
ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ  
ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР**

Голубев В.В., Фирсов А.С.

ФГБОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

*Аннотация.* Проведение лабораторных испытаний пневматического дискового высевающего аппарата позволило выявить оптимальные параметры и режимы работы предложенной конструкции аппарата при посеве. Сделан вывод, что подтверждение полученных в ходе лабораторных опытов зависимостей требует проведения полевых испытаний рабочего узла. Предложена методика проведения полевого опыта пневматического высевающего аппарата для посева мелкосеменных культур.

*Ключевые слова:* методика полевого опыта; высевающий аппарат; полевой опыт; семена мелкосеменных культур; полевые испытания; пневматический высевающий аппарат.

**Введение.** Составление программы и методики полевого опыта на разработанном и изготовленном макетном образце пневматического высевающего аппарата является важной частью исследования, необходимой для обеспечения его качества.

В соответствии с общей программой проведения лабораторно-полевых исследований выделены следующие факторы модели взаимодействия «высевающий аппарат – высеваемый материал»: давление, создаваемое в пневмо системе; скорость движения трактора с сеялкой [1]. В качестве отклика принимаются: равномерность высева, определяемая при всхожести семян и урожайность посева (рисунок 1).

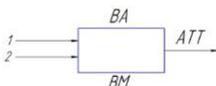


Рисунок 1 – Модель взаимодействия «высевающий аппарат – высеваемый материал»

где ВА – пневматический высеваящий аппарат; ВМ – высеваемый материал; 1,2 – исследуемые факторы; АТТ – исследуемые отклики.

Планируется проведение полевого опыта на учетной площади 1 га на опытном поле Тверской ГСХА. Предшественником являются многолетние травы. Площадь одной учетной делянки составляет 80 квадратных метров.

**Основная часть.** Для расчета общей площади опытного поля проведен расчет в соответствии с классической методикой, предложенной Доспеховым Б.А. [2]. Для этого составлена матрица планирования типа ПФЭ  $3^2$ , где общее количество экспериментов, с учетом повторностей составляет 27 опытов. План-матрица проведения эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1- План-матрица полевого эксперимента типа ПФЭ  $3^2$

Факторы	Уровни натуральных значений			Кодовые значения			Повтор. опыта			N <sub>ср</sub>	σ	v
	Мин.	Сред.	Макс.	Мин.	Сред.	Макс.	1	2	3			
1. Давление в пневмосистеме q, Па	12	14	16	0	1	2						
2. Скорость движения трактора V, км/ч	8	10	12	0	1	2						

Кодирование значений факторов приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Кодирование факторов полевого эксперимента

Фактор и единица измерения	Натуральное обозначение	Кодовое обозначение	Интервал варьирования
Давление в пневмосистеме q, Па	X1	x <sub>1</sub>	2
Скорость движения трактора V, км/ч	X2	x <sub>2</sub>	2

Полную матрицу проведения эксперимента приведем в таблице 3.

Таблица 3 – Полная план-матрица полнофакторного эксперимента типа  $3^2$

№ опыта	Значения факторов	
1	0	0
2	1	0
3	2	0
4	0	1
5	1	1
6	2	1
7	0	2
8	1	2
9	0	2

Схема расположения делянок показана на рисунке 2.

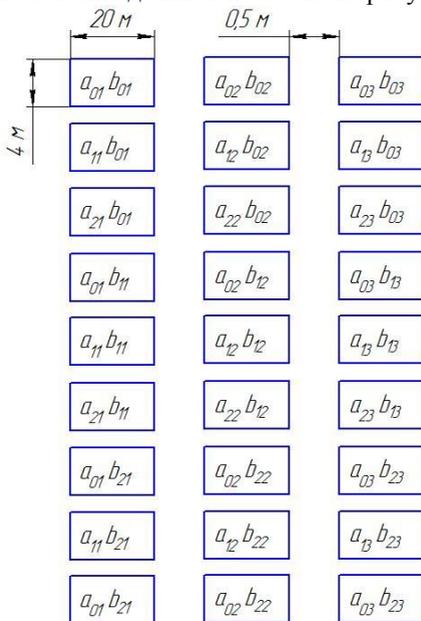


Рисунок 2 – Схема расположения делянок

Длина одной делянки составляет 20 метров, ширина – 4 метра.

На 1 га площади поля получаем три опытные делянки в один прогон сеялки, что соответствует трем повторностям каждого опыта при фиксируемых значениях факторов. Девять прогонов шириной 4 метра полностью позволяют перекрыть все необходимые сочетания факторов. Расстояние между делянками в прогоне составляет 0,5 метра.

В соответствии с выбранной методикой полученные данные необходимо проверить на их воспроизводимость по критерию Кохрена. Данные являются воспроизводимы, при соблюдении условия (1) [3].

$$G \leq G(0.05; n; f_u), \quad (1)$$

где  $G(0.05; n; f_u)$  – критерий Кохрена при 5% уровне значимости;

$n$  – число опытов;

$f_u = m_0 - 1$  ( $m_0$  – число повторностей);

$$G = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2}.$$

Дисперсия  $S_u^2$  характеризует диапазон рассеивания результатов на  $u$ -м сочетании факторов (2).  $S_{u\max}^2$  – максимальная дисперсия.

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i_k=1}^{m_0} (y_{ui_k} - \bar{y}_u)^2, \quad (2)$$

где  $i_k$  – повторность;

$y_{ui_k}$  - отклик повторности;

$\bar{y}_u$  – среднее значение отклика.

Ошибку опыта определяют по формуле (3)

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (3)$$

Коэффициенты уравнения регрессии рассчитывают по формулам (4-6) [3]:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{y}_u; \quad (4)$$

$$b_i = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} \cdot \bar{y}_u; \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot \bar{y}_u, \quad (6)$$

где  $x_{iu}$  – значение  $i$ -го кодированного фактора в  $u$ -м опыте;

$x_{ju}$  - значение  $j$ -го кодированного фактора в  $u$ -м опыте.

По результатам проведенных опытов математическая модель примет вид [3]:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j, \quad (7)$$

где  $y$  - значение параметра оптимизации (целевой функции);

$b_{ij}$  - эффекты взаимодействия;  $x_i x_j$  - кодированное значение факторов.

Адекватность регрессионного уравнения подтверждают по критерию Фишера [3].

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (8)$$

где  $S_{ad}^2$  – дисперсия адекватности;

$F$  – критерий Фишера;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$  – критерий Фишера при 5% уровне значимости.

Число степеней свободы  $f_{ad}$  дисперсии определяется из выражения (9).

$$f_{ad} = n - k - 1; \quad (9)$$

где  $k$  – число факторов.

Число степеней свободы  $f_y$  определяется как (10).

$$f_y = n(m_0 - 1). \quad (10)$$

Дисперсия адекватности вычисляем по формуле (11) [3]:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n-k-1} \sum_{u=1}^n (y - \bar{y}_u)^2, \quad (11)$$

где  $y$  – значение отклика в  $u$ -м опыте.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии определяют по критерию Стьюдента [3].

$$|b_a| \geq t(0,05; f_y) \frac{S_y}{\sqrt{n}}, \quad (12)$$

где  $t(0,05; f_y)$ - критерий Стьюдента при 5% уровне значимости.

Коэффициенты уравнения регрессии, не попавшие под неравенство (12) не включают в дальнейший анализ данных.

Для определения количественного показателя повреждаемости семян воспользуемся формулой (13) [4]:

$$D = \frac{m_{др}}{m_n} \cdot 10^2, \quad (13)$$

где  $m_{др}$  – масса поврежденных семян;

$m_n$  – общая масса исследуемых семян.

Помимо стандартных методик при проведении лабораторных исследований применялись и частные методики. Влажность исследуемой навески составила 7%, что не превышает критического значения и позволяет качественно провести опыт.

В процессе анализа литературы по теме, были изучены материалы ГОСТов и ОСТов в отношении машин для посева и процесса высева сельскохозяйственных культур, это прежде всего ГОСТ 26711–89 - Сеялки тракторные. Общие технические требования, ГОСТ 31345-2007 - Сеялки тракторные. Методы испытаний, ОСТ 10.5.1-2000 - Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей и ГОСТ 12036-85 - Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. Полученные данные позволили выяснить основные требования, применяемые к семенам исследуемых культур, их физические и технологические свойства, размеры, норму высева семян, геометрические параметры их распределения на поле. Все полученные данные необходимы для дальнейших полевых опытов.

Нами также изучен ряд учебных материалов по существующим алгоритмам проведения полевых опытов, методики и планирования экспериментов в исследовании процессов высева сельскохозяйственных культур. Доспехов Б.А., Мельников С.В., Алешин В.Ф., Рошин П.М., Хайлис Г.А., Ковалев М.М. в своих учебниках и пособиях подробно изложили базовые основы проведения экспериментов на теоретическом и эмпирическом уровне.

Для проведения сравнительных испытаний на оставшейся площади опытного поля произведем посев льна-долгунца сеялкой СН-16.

**Выводы.** Полученные значения равномерности и урожайности культуры позволят сделать выводы о показателях работы высевающего аппарата. Для этого будут построены графики зависимости равномерности высева и урожайности для каждой из предложенных сеялок.

Проведение полевого опыта по предложенной методике позволит уточнить полученные в лабораторных условиях регрессионные зависимости отклика от учетных факторов.

#### **Список использованных источников:**

1. Фирсов А.С., Марков А.К., Голубев В.В. Методика лабораторных исследований высеваящих аппаратов для возделывания мелкосеменных культур // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1. – С. 73-77.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). -5-е изд., доп. и перераб. -М.: Агропромиздат, 1985. -351 с.
3. Хайлис Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев / Учебное пособие. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
4. ГОСТ 12037-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян.

*Голубев Вячеслав Викторович, кандидат технических наук, доцент, Россия, Тверь, Тверская ГСХА, slavasddg@mail.ru.*

*Фирсов Антон Сергеевич, старший преподаватель, Россия, Тверь, Тверская ГСХА, sevenrom777@yandex.ru.*

#### **THE METHODOLOGY OF FIELD EXPERIENCE PNEUMATIC SOWING MACHINE FOR SOWING SMALL-SEEDED CROPS Golybev V.V., Firsov A.S.**

*Abstract. Laboratory testing of pneumatic disc sowing unit helped to identify the optimal parameters and operating modes of the proposed design at sowing. It is necessary to realize the field tests for confirmation of the laboratory experiences.*

*Keywords: methodology field experience; seeding machine; field experiment; seed small-seeded crops; field tests; pneumatic.*

*Golybev Vyacheslav Viktorovich, candidate of technical Sciences, associate Professor, Russia, Tver, Tverskaya SAA, slavasddg@mail.ru.*

*Firsov Anton Sergeevich, Russia, Tver, Tverskaya SAA, sevenrom777@yandex.ru.*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Марков А.В.

Харьковский национальный технический университет сельского  
хозяйства имени Петра Василенко

*Аннотация.* Рассмотрены материалы, применяемые при изготовлении боеприпасов и их применимость для упрочнения деталей сельскохозяйственной техники. Предложена технология утилизации боеприпасов и разделение детонационной шихты на магнитную и немагнитную фракции, которые рекомендуется использовать для модифицирования и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники при восстановлении наплавкой.

*Ключевые слова:* эксплуатация сельскохозяйственной техники, стойкость, вторичное сырьё, боеприпасы, восстановление деталей наплавкой.

**Введение.** Боеприпасы после их изготовления на предприятиях промышленности и проведения различных испытаний подлежат хранению на складах, базах и арсеналах. При этом назначается гарантийный срок хранения, в течение которого обеспечивается сохранность их технических характеристик и боевых свойств. В процессе хранения осуществляются контроль качественного состояния и регламентные работы, в том числе ремонт боеприпасов, связанный с удалением коррозии на металлических поверхностях корпусов, заменой смазки, а также ремонтом деревянной упаковки и др. Списанные боеприпасы требуют более тщательного контроля при дальнейшем хранении. Сроки контрольных испытаний сокращаются, повышается трудоемкость регламентных работ, необходимы более квалифицированные специалисты для обслуживания. Поэтому затраты на хранение списанных боеприпасов возрастают. При этом сроки дальнейшего хранения становятся неопределенными. Если, например, списанная техника может храниться достаточно долго и практический ущерб от этого невелик, так как ценность представляет, главным образом, металлозатраты на его хранение и они малы, то боеприпасы

нельзя оставлять без надежной охраны, организованной противопожарной службы, системы контроля качественного их состояния [1-2].

Таким образом, уменьшение запасов боеприпасов за счет списания их части, отслужившей гарантийные сроки хранения, не только не сокращает, а, наоборот, увеличивает затраты на хранение. Это относится как к отдельному виду боеприпасов, так и к системе их хранения в целом.

**Материалы и методы исследования.** Предварительные оценки показывают, что затраты на хранение списанных боеприпасов могут увеличиться на 10— 20 % по сравнению с затратами, у которых срок годности не истек.

Целью исследования является анализ типов боеприпасов и способов утилизации с истекшим сроком хранения, установление их возможного химического состава получаемой шихты и ее разделения на фракции с последующим использованием для повышения качества изделий при их производстве и восстановлении.

Для реализации поставленной цели рассмотрим исходный материал и получаемую шихту от утилизации 12,7мм патронов с обычной пулей.

Такой патрон состоит из гильзы, пули и пороховой композиции. Проанализируем каждую составляющую.

К гильзовым материалам предъявляются следующие основные требования:

- высокая пластичность, которая допускает обработку давлением в холодном состоянии и деформацию гильзы при выстреле без нарушения прочности;
- высокая прочность, необходимая для проведения операций вытяжки и обеспечения необходимой жесткости гильзы (патрона), которая имеет относительно тонкие стенки;
- склонность к упрочнению в процессе обработки давлением и высокая упругость, необходимая для обеспечения легкой экстракции гильзы из патронника после выстрела;
- стабильность механических свойств со временем и устойчивость против старения (самопроизвольного растрескивания);
- высокая антикоррозийная стойкость, необходимая в процессе изготовления и хранения исходного материала, полуфабрикатов и готовых изделий;
- простота термической обработки в процессе производства и устойчивость к действию высокой температуры при выстреле;
- химическая нейтральность порохового заряда.

**Результаты исследований.** Наиболее полно удовлетворяет перечисленным требованиям латунь марок Л68 и Л70, однако она является дорогостоящим и дефицитным материалом, подверженным самопроизвольному растрескиванию, что затрудняет длительное хранение патронов и требует специальных мер, которые позволяют замедлить процесс их деградации [3].

Латуни Л68 и Л70 обладают наиболее высокими механическими свойствами:  $\sigma_b=300-350$  МПа;  $\delta_5=50-55$  %; твердость 50-60 НВ; поперечное сужение 45-50 %.

Химический состав латуней Л68 и Л70, применяемых для изготовления гильз, приведен в табл.1.

Таблица 1 - Химический состав гильзовый латуни, %

Содержание компонентов, %		
	Л68	Л70
Медь	67-70	69-72
Цинк	33-30	31-28
Железо	0,1	0,1
Свинец	0,03	0,03
Фосфор, мышьяк, олово	0,005	0,005
Сера, сурьма, висмут	0,002	0,002

Дешевым и недефицитным материалом, который не подвержен самопроизвольному растрескиванию, является малоуглеродистая сталь. Она несколько уступает латуни. Сталь обладает меньшей упругостью, склонностью к коррозии, труднее обрабатывается давлением. Стальные гильзы не могут храниться без антикоррозионного покрытия.

Для упрощения технологического процесса изготовления стальных гильз получила применение малоуглеродистая сталь, покрытая с одной или двух сторон томпаком, толщина которого составляет 4-6% от сечения основного стального слоя.

Биметалл является хорошим гильзовым материалом по сравнению с другим стальным материалом, но применение его также связано с расходом дорогостоящего сплава - томпака. Томпак - сплав содержит 89-91 % меди и 11-9 % цинка.

Часть этих расходов составляют безвозвратные потери в виде отходов при изготовлении заготовок для гильз, обрезков полуфабрикатов и т.п. Кроме того, биметалл имеет специфический недостаток, что ограничивает его применение для изготовления крупных гильз, которые требуют больших усилий при обработке.

Свертка заготовки в колпачок и вытяжка стенок гильзы приводит томпак к изгибу и сдвигу матрицей относительно основного стального слоя к краю полуфабриката.

При изготовлении гильз из биметалла не удается сохранить целостность томпакового покрытия на всей поверхности готовой гильзы. В гильзе с выступающим фланцем томпак снимается на корпусе в закраины при штамповке дна и на боковой поверхности фланца, торцов дула в результате их обточки. У гильз с невыступающим фланцем томпак снимается при проведении кольцевой проточки. В указанных местах сталь оказывается не защищенной и подвергается интенсивной коррозии, что требует наносить на эти зоны антикоррозионное покрытие.

С учетом преимуществ и недостатков, перечисленных гильзовых материалов, наблюдается тенденция перехода на холоднокатаную малоуглеродистую сталь для изготовления гильз с последующим лаковым их покрытием.

Химический состав сталей, применяемых для изготовления гильз, приведен в табл. 2

Таблица 2 - Химический состав гильзовых сталей, %

Составляющие сплава	Покрывающий слой	Холоднокатаная сталь
Углерод	0,11-0,20	0,11
Марганец	0,35-0,90	0,35-0,55
Хром	0,15	0,15-0,20
Никель	0,30	0,20-0,30
Кремний	0,08	0,08-0,13
Медь	0,20	0,20
Сера	0,04	0,03-0,04
Фосфор	0,035	0,025-0,035

Конструкции современных пуль патронов стрелкового оружия разнообразны, они делятся на обычные и специальные. Специальные пули по сочетанию видов действий разделяются на две группы:

- пули простого действия (обычные - со свинцовым или стальным сердечником; специальные - бронебойные, зажигательные, трассирующие, разрывные и т.п.);

- пули комбинированного действия (бронебойно - трассирующие, бронебойно - зажигательные, осколочно - зажигательные, зажигательно - трассирующие, пристрелочно - зажигательные, бронебойно - зажигательные - трассирующие и т.п.).

Одним из лучших материалов для пульных оболочек считается мельхиор ( 78,5-80,5 % меди и 21,5-19,5 % никеля).

Наряду с биметаллом широко применяют неплакированную томпаком холоднокатаную малоуглеродистую сталь. Изготовленные из нее оболочки покрывают тонким слоем меди или латуни (наносят электролитическим или контактным способом) а также лакируют для недопущения коррозии и интенсивного износа ствола при стрельбе.

Среди обычных пуль можно встретить безоболочковые (сплошные),оболочковые со свинцовым или стальным сердечником.

Наиболее простое строение имеют безоболочковые пули. Сплошные свинцовые пули применялись в прошлом веке, в настоящее время их используют для спортивного оружия.

Оболочковые пули состоят из мягкого (свинцового) сердечника и прочной оболочки. Толщина стенок оболочки современных пуль находится в пределах:  $T_0 = (0,06 \dots 0,08) d$ , где  $d$  – диаметр пули.

Пули со стальным сердечником имеют в строении три элемента. При их производстве экономится свинец (заменяют сталью) и уменьшается его деформация для увеличения пробивного действия.

Бронебойные пули применяют для стрельбы по бронированным целям. Характерной особенностью бронебойных пуль является наличие в их конструкции бронебойного сердечника высокой прочности и твердости. Между оболочкой и сердечником находится мягкая свинцовая рубашка, облегчающая врезание пули в нарезы. Это предотвращает канал ствола от интенсивного износа.

Бронебойные пули выгодно сочетать с другими видами действия, например, зажигательными и трассирующими. Поэтому бронебойные сердечники встречаются в бронебойно - зажигательных и бронебойно - зажигательно -трассирующих пулях. Конструктивными характеристиками бронебойных, как и других видов пуль с аналогичным сердечником, является сочетание веса и диаметра сердечника:  $M_g = M_d$ , где  $M_g$ - вес сердечника;  $M_d$ -диаметр сердечника.

В существующих пулях  $M_d$  увеличивается с калибром и находятся в следующих пределах для пули:

- бронебойной  $M_g = 0,55 - 0,60$

- бронебойно - зажигательной с металлическим сердечником  $M_g=0,6-0,65$ .

- бронебойно - зажигательной с карбидовольфрамовым сердечником  $M_g=0,65-0,75$ .

Относительный вес сердечника характеризует бронебойные свойства. Чем он больше, тем выше бронебойные свойства пули.

Относительный диаметр сердечника характеризует наполнение пули и чаще всего находится в пределах 0,75-0,85 возможного его увеличения с изменением калибра.

Главная часть бронебойного сердечника определяется его радиусом равным  $r_0=(1,5...2,0)d_0$ , что позволяет обеспечить необходимую заостренность вершины и удовлетворительную его прочность при ударе в цель.

Трассирующие пули, применяют для корректировки огня и целеуказания при стрельбе из автоматического оружия. Все они характеризуются наличием специального состава, который воспламеняется от пороховых газов при движении пули по каналу ствола. При полете пули, горя в воздухе, обозначается траектория.

Длина трассирующего действия определяется как:  $LT = UT \cdot T$ , где  $UT$  - скорость горения трассирующего состава в пулях (3-4мм/с);

$T$  - необходимое время горения трассера.

Диаметр выхода пламени подбирается опытным путем и составляет 0,25-0,5 внутреннего диаметра трассера. Выполнен анализ материалов, которые применяют для производства пуль. Материал пульных оболочек приведен в табл.3.

Таблица 3 - Химический состав компонентов пульных оболочек, %

Материал	Содержание компонентов, %								
	C	Mn	Al	Cr	Ni	Si	Cu	S	P
	не более								
Биметалл 1	0,12-0,20	0,35-0,6	-	0,15	0,30	0,08	0,2	0,04	0,035
Биметалл 3	<0,11	0,35-0,90	-	0,15	0,30	0,08	0,2	0,04	0,045
Сталь 10сп	0,05-0,12	0,30-0,50	-	0,15	0,25	0,60	0,2	0,095	0,030
Сталь 10кп	0,08-0,13	0,25-0,50	0,02-0,07	0,15	0,25	0,13	0,2	0,030	0,025
Сталь 20кп	0,12-0,20	0,30-0,50	-	0,15	0,25	0,06	0,2	0,035	0,030
Сталь 20	0,16-0,22	0,20-0,40	0,02-0,07	0,15	0,25	0,13	0,2	0,030	0,25

Их механические свойства:

-  $\sigma_B$  270-370Н/мм<sup>2</sup>;

-  $\delta_5$  - 29%.

Материал оболочки свинцовых пуль должен удовлетворять следующим требованиям:

- совмещать высокую пластичность с достаточной прочностью, необходимой для обеспечения врезания пули в нарезы и заполнения

ею поперечного сечения канала ствола;

- позволить обеспечить необходимый вес пули при минимальных ее размерах;
- отличаться хорошим качеством обработки штамповкой;
- относительной дешевизной.

Этим требованиям за исключением последнего, удовлетворяет свинец с добавкой 1-2 % сурьмы, этот сплав и получил широкое применение. Добавка сурьмы повышает твердость сплава. Удельный вес этого материала 11,3-11,4 г/см<sup>3</sup>, температура плавления 330<sup>0</sup>С. Для производства стальных сердечников обычных пуль применяют малоуглеродистую сталь, допускается ее штамповка в холодном состоянии (табл.4).

Таблица 4 - Химический состав металла сердечников пуль, %

Материал	Содержание компонентов, %							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Cu
Сталь 10	0,07-0,15	0,35-0,65	0,17-0,37	0,15	0,30	0,045	0,04	-
Сталь 15	0,13	0,44	0,26	0,15	0,17	0,026	0,018	-
Сталь 20	0,18-0,25	0,6-0,9	0,17-0,37	0,15	0,30	0,045	0,45	0,20
Сталь 25	0,27-0,35	0,5-0,8	0,17-0,35	0,15	0,30	0,045	0,40	-

Кроме рассмотренных выше материалов для изготовления бронебойных сердечников применяют и такие, которые обладают в готовом виде высокой твердостью в сочетании с достаточной вязкостью и большим удельным весом. Широкое применение для этих целей получили также различные марки высокоуглеродистых инструментальных и легированных сталей, а также металлокерамические сплавы (табл. 5 и 6).

Стальные сердечники изготавливают из прутковых заготовок путем механической обработки резанием или шлифовкой с последующей термической обработкой - закалкой и низкотемпературным отпуском для уменьшения остаточных внутренних напряжений и повышения прочности. Твердость стального сердечника находится в пределах 64-67HRC. Благоприятно влияет на пробивное действие чистота обработки, особенно головной части сердечника.

Металлокерамические сердечники изготавливают из порошковой смеси путем предварительного прессования и последующего спекания при высокой температуре. Основу таких смесей составляют порошки металлов: карбид вольфрама с добавкой

4-6% кобальта или никеля. Такой сплав имеет следующие свойства: 87-90 HRA, удельный вес 14,5-14,7 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 5 - Химический состав сталей броневойных сердечников, %

Марка стали	Содержание компонентов, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
У10А	0,95-1,04	0,15-0,30	0,15-0,3	0,15	0,20	<0,02	<0,03
У12А	1,10-1,25	0,15-0,25	0,30	0,20	0,25	<0,02	<0,03
У12ХА	1,15-1,25	0,35	0,30	1,45-1,65	0,30	<0,03	<0,03

Таблица 6 - Химический состав твердых сплавов

Номер сплава	Содержание компонентов, %					
	W	C	Cr	Ni	Co	Fe
1	86,7-87,3	>5,3	<0,1	-	6,0-6,5	1,5
2	87-88	>5,2	<0,1	6,0	-	1,5
3	86,2-87	5,4-6,0	<0,25	3,5-4,5	-	1,2

В броневойных пулях применяют рубашки, которые являются мягкой опорой для оболочки и составляют необходимые условия для врезки пули в нарезы. Материал рубашки должен обладать высокой пластичностью. Для этого применяется чистый свинец без примесей сурьмы. Другие металлические элементы пуль (стаканчик, кольцо и т.п.) изготавливают из малоуглеродистой стали (иногда плакированной томпаком), что позволяет применять штамповку. В трассирующих пулях применяют два состава – трассирующий (основной) и вспомогательный (зажигательный). К трассирующему составу предъявляют следующие требования. Он должен хорошо воспламеняться от пороховых газов или воспламинительного состава, отличаться большой силой света при небольшой скорости горения; хорошо прессоваться в трассеры, не обладать взрывчатыми свойствами; иметь небольшой удельный вес, а также характеризоваться относительной дешевизной.

В качестве горючих веществ применяют алюминий (пудру), магний или сплавы этих металлов, которые обладают высокой активностью в соединении с кислородом. В качестве окислителей применяют вещества, богатые кислородом, которые сравнительно легко отдают его при высоких температурах (окись бария, кальция, натрия, нитраты бария, калия, стронция). В зависимости от рецептуры

трассирующего состава получают разный цвет пламени. Соли бария с различным горючим придают пламени светло-зеленый цвет, соли стронция - красный, натрия - желтый. Предпочтение отдается красному цвету, который обеспечивает хорошую видимость трассы ночью и в яркую солнечную погоду днем.

К зажигательным составам предъявляют другие требования, чем к трассирующим составам. Для них требуются:

- хорошая воспламеняемость от пороховых газов при движении пули по каналу ствола;
- достаточно высокая температура горения, которая необходима для надежного зажигания состава;
- высокая механическая прочность в запрессованном виде с недопущением разрушения от тряски;
- отсутствие склонности к гигроскопичности;
- отсутствие вредного воздействия продуктов распада на поверхности канала ствола;
- низкая скорость горения.

Зажигательные смеси состоят из тех же компонентов, что и трассирующие. К каждому трассирующему составу подбирают свой зажигательный состав [4].

В состав пороха обычно входит 91-96% пироксилина, 1,2-5% летучих веществ (спирт, эфир и вода), 1,0-1,5% стабилизатора (дифениламин) для увеличения стойкости при хранении, 2-6% флегматизатора для замедления горения наружных слоев пороховых зёрен, 0,2-0,3% графит и пламегасящие присадки. Такой порох изготавливают в виде пластинок, лент, колец, трубок и зёрен с одним или несколькими каналами; применяют в стрелковом оружии и артиллерии. Основными недостатками пироксилинового пороха являются: изменения содержания остаточного растворителя и влаги при хранении. Это отрицательно сказывается на их баллистических характеристиках. Кроме того, он отличается длительностью технологического цикла производства (от 6-10 дней до 1 месяца).

В зависимости от присадок и назначения помимо обычного пироксилинового имеются специальные виды пороха: пламегасящие, малогигроскопичные, малоградиентные (не зависят от скорости горения температуры заряда); малоэрозионные (с пониженным разгарно-эрозионным воздействием на канал ствола); флегматизированные (с пониженной скоростью горения поверхностных слоев); пористые и другие. Процесс производства пироксилинового пороха предусматривает растворение (желатинизацию) пироксилина, прессование полученной пороховой

массы и резку для придания пороховым элементам определённой формы и размеров, удаление избыточного растворителя и состоит из ряда последовательных операций.

Для реализации поставленной в работе цели определили эффективный набор компонентов, состоящих из боеприпасов, для утилизации (табл.7).

Это патроны стрелкового оружия, пиротехнические средства, основные и дополнительные заряды к минометным выстрелам, а также другие боеприпасы, снаряженные порохами, что относятся к числу непригодных, но не опасных в обращении. По указанию снабжающего органа их могут отправлять на окружные склады или уничтожать на месте в военной части путем сжигания.

Выжигание пороха и сжигание боеприпасов проводили на специальных площадках, расположенных не ближе 1,5 км от складов, жилых и других зданий. Для этого площадку в радиусе 25 м расчищали от сухих деревьев, кустарника, сухой травы и окапывали канавой глубиной 0,25 м и шириной 0,5 м.

Таблица 7 - Подбор боеприпасов для утилизации

№ п.п	Наименование боеприпасов	В бункере объемом 1 м <sup>3</sup> (не более)	В бочке емкостью 200 л. (не более)
1.	Пистолетные патроны	5000 шт.	1000 шт.
2.	Автоматные патроны	3500 шт.	1000 шт.
3.	Винтовочные патроны	2500 шт.	1000 шт.
4.	Осветительные и сигнальные патроны	200 шт.	100 шт.
	Взрывпакеты		
5.	Минометные заряды по массе пороха	50 шт.	30 шт.
6.		5 кг	3 кг

Сжигание пороха проводили в металлическом бункере объемом 1 м<sup>3</sup> или в приспособленной металлической бочке емкостью не менее 200 литров.

Бункер или бочка должны иметь надежные крышки с грузочными окнами. При съемных крышках разрешается наличие грузочных отверстий. В этом случае крышка бункера или бочки должна иметь надежное крепление к корпусу.

Для нормального сжигания и выжигание пороха в крышке и боковых стенках бункера (бочки) должны быть отверстия диаметром 6 мм через каждые 50 мм. Такие отверстия делаются в дне бункера (бочки) для стекания компонентов с низкой температурой плавления. Бункер (бочка) устойчиво устанавливается на подложках из кирпичей.

Загрузку патронов к стрелковому оружию в бункер (бочку) проводили по желобу из укрытия (стенки, что не сгорает) под наблюдением руководителя работ. Зажигательные (основные) заряды к ним, сигнальные и осветительные патроны загружали связанными в пачки по 10-12 шт.

На загруженные в бункер (бочку) боеприпасы накладывали мелкие дрова, отходы бумаги и т.п. в количестве 10-15 кг. Для лучшего воспламенения добавляли бездымный порох.

Разгрузку бункера после утилизации проводили только после прекращения горения и разрывов патронов, а также полного его охлаждения. Шихту, полученную после выжигания пороха из патронов стрелкового оружия, очищали от золы, сортировали по роду металла, проверяли на безопасность и полноту сгорания пороха, срабатывания капсулей.

Выполнены исследования по получению детонационной шихты, которая может быть использована как для модифицирования жидкого металла, так и при восстановительной наплавке изделий.

Для утилизации использовали 12,7мм патроны с обычной пулей, срок хранения которых истек, согласно действующей нормативной документации.

Патроны утилизировали методом сжигания при нагреве до температуры самопроизвольной их детонации с доступом кислорода без добавления вспомогательных детонирующих веществ. Полученная шихта представлена на рис 1.

Шихта при таком способе утилизации была разделена на первом этапе на две фракции: немагнитная и магнитная[5].

Проведенными экспериментами было установлено, что полученную методом сжигания шихту можно легко разделить по компонентам при следующих обработках: магнитной (отделяется фракция, содержащая окислы железа), не магнитная – просевом через сито (отделяется дисперсная углеродосодержащая фракция и медный порошок)и более грубая сфероидизированная фракция, содержащая медь, углерод и железо(рис. 1, б, в и рис. 2).



а



б - немагнитная фракция



в - магнитная фракция

Рисунок 1 - Детонационная шихта от утилизации 12,7мм патронов с обычной пулей:

а – общий вид шихты, б - немагнитная фракция, в - магнитная фракция



Рисунок 2 - Крупная фракция, содержащая Cu, C, Fe

Химический состав каждой фракции приведен в табл. 8.

Таблица 8 - Химический состав утилизированного сырья

Наименование фракций	Химический состав фракций, %		
	C	Fe	Cu
Магнитная фракция	2,87-4,5	31,15	6,10
Мелкая немагнитная фракция	3,37-3,43	2,9	3,14
Крупная немагнитная фракция	4,65-8,1	3,15	3,69

Из приведенных данных видно, что магнитная фракция состоит из C, Fe, Cu и может быть использована при выплавке металла и восстановительной наплавке.

Мелкая и крупная немагнитные фракции также могут быть использованы в виде шихты для выплавки изделий в том числе и из цветных металлов.

Такое разделение позволяет использовать полученное вторичное сырье для производства и восстановления различных изделий из черных и цветных металлов.

Выполненный анализ будет эффективным для использования в качестве вторичного сырья – детонационной шихты при легировании и модифицировании различных сплавов. Это позволит существенно сократить затраты на производство изделий и повысить их эксплуатационную стойкость за счет дополнительного легирования и модифицирования.

**Выводы.** Из приведенного анализа следует, что при таком большом наборе материалов, которые используются для пуль различного назначения, возможно, получать шихту, отличающего состава при утилизации. Поэтому для использования получаемой при утилизации шихты требуется обязательное определение ее химического состава и только после этого можно принять решение об ее использовании и выбрать методы разделения на компоненты, которые возможно будет эффективным использовать для конкретного назначения.

#### **Список использованных источников:**

1. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов: Учебное пособие для вузов. / Под общей ред. Ю.Г. Щукина – М.: Недра, 1988. – 319с.

2. Мацевич Б.В. Номенклатура и характеристика промышленных взрывчатых материалов. / Б.В. Мацевич– М.:Наука, 1986. – 80с.

3. Кирилов В.М. Патроны стрелкового оружия / В.М. Кирилов,

В.М. Сабельников – Москва: Воениздат, 1980. – 273с.

4. Огарков Н.В. Порох / Н.В.Огарков // Советская военная энциклопедия - Москва: Воениздат, 1978. – Том 6. - 678с.

5. Марков А.В. Утилизация боеприпасов для вторичного использования при производстве и восстановлении деталей / А.В. Марков // Информационно-аналитический международный технический журнал «Промышленность в фокусе».- 2013. - №8. - С. 52-55.

*Александр Викторович Марков, аспирант, [kafm@yandex.ru](mailto:kafm@yandex.ru), Украина, Харьков, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

#### IMPROVING OF OPERATIONAL RESISTANCE OF AGRICULTURAL MACHINERY PARTS USING SECONDARY RAW MATERIALS

Markov A.V.

*Abstract. The materials used in the manufacture of ammunition and their applicability for the strengthening of agricultural machinery parts are considered. The technology of ammunition disposal and separation of the detonation charge on the magnetic and non-magnetic fractions recommended to use for modification and hardening of agricultural machinery parts in restoring welding is proposed.*

*Key words: operation, resistance, secondary raw materials, ammunition, partl.*

*Markov A.V. graduate student, [kafm@yandex.ru](mailto:kafm@yandex.ru), Ukraine, Kharkov, Kharkov Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture*

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Ровный Е.В., Марченко М.В.,  
Рыбалко И.Н., Сайчук А.В.

Харьковский национальный технический университет сельского  
хозяйства имени Петра Василенко

*Аннотация. Установлено, что коэрцитивная сила в большей мере, чем твёрдость, является параметром, характеризующим качество изделия и по её существенным отклонениям с большей достоверностью можно судить о структуре металла, уровню напряжений в отливке и соответствии её требованиям нормативно-технической документации.*

*Ключевые слова: втулка цилиндров, высокопрочный чугун, качество, коэрцитивная сила, твёрдость, центробежное литьё.*

**Введение.** Гильзы и втулки цилиндров, как правило, отливают на машинах центробежного литья в металлические формы. Однако, по уровню качества, они не всегда соответствуют предъявляемым требованиям. В данной работе анализировали влияние показаний твёрдости, структуры металла (основные сдаточные характеристики) и их связь с коэрцитивной силой. Это позволит при статистическом анализе выявить влияние различных факторов на потребительские свойства, оговоренные нормативно-технической документацией.

**Материалы и методы исследования.** Для оценки качества проанализировали 58 втулок цилиндров. Исследованиям подвергали втулки в двух зонах по высоте (вырезали кольца), а в третьей – в центральной производили измерения только коэрцитивной силы.

Согласно данным нормативно-технической документации, такие втулки цилиндров (рис. 1) изготавливают из высокопрочного чугуна ( $C = 3,4-3,6\%$ ;  $Si = 1,8-2,3\%$ ;  $P \leq 0,08\%$ ;  $S \leq 0,01\%$ ;  $Cr \leq 0,08\%$ ;  $Mn = 0,4-0,7\%$ ;  $Ni \leq 0,5\%$ ;  $Cu = 0,40-0,60\%$ ;  $Mo = 0,25-0,45\%$ ;  $Mg = 0,04-0,08\%$ ), которые подвергают термической обработке – нормализации (твёрдость 229-285НВ; временное сопротивление разрыву  $\sigma_b \geq 539$ МПа; относительное удлинение  $\delta \geq 1,5\%$ ; толщина азотированного слоя  $\geq 0,60$ мм и его твёрдость  $\geq 460$ НВ; хрупкость – групп I и II). Структура металла должна иметь включения графита

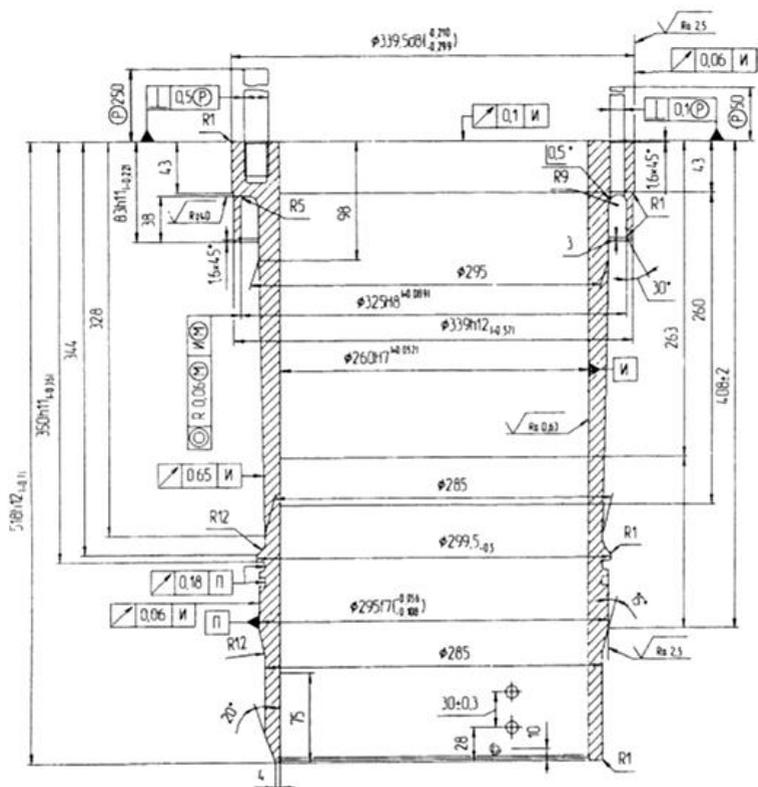


Рисунок 1 - Втулка цилиндра

(шкала 3А) – ШГф3, ШГф4, ШГф5 (ГОСТ 3443), пластинчатый перлит или высокоотпущенный бейнит (ПТ1) до 30% с долей перлита (шкала 6Г) – П, П96, П92, П85; по площади фосфидной эвтектике (шкала 9Г) – ФЭп2000, ФЭп6000 и распределению включений (шкала 9Б) – ФЭр1; по строению включений эвтектики (шкала 9А) – ФЭ1, ФЭ2, ФЭ3, ФЭ4, ФЭ5. Структурно-свободный цементит не допускается.

Измерения коэрцитивной силы производили прибором КРМ-Ц-К2М, а обработку информации осуществляли в соответствии с отраслевым украинским стандартом «Неразрушающий контроль качества магнитным методом деталей при их изготовлении, техническом обслуживании и ремонте» СОУ 29.32.4-37-532:2007 [1].

Целью исследований явилось установление связи в отливках из высокопрочного чугуна «твёрдость - коэрцитивная сила» и «структура металла - коэрцитивная сила». Для реализации поставленной цели провели статические исследования этих показателей.

**Результаты исследований.** Из всей анализируемой выборки изделий только 48% соответствовало требованиям по уровню твёрдости и 64% по микроструктуре. И лишь 28% изделий соответствовало одновременно требованиям по твёрдости и микроструктуре металла.

Выбрали 25 втулок для детального анализа (рис. 2). Показана динамика несоответствия втулок требованиям (выше и ниже таких показаний). Из графика видно, что 8% втулок цилиндров по уровню твёрдости находится выше верхнего предела, 44% – ниже нижнего предела и 48% втулок цилиндров соответствуют требованиям.

По данным показаний коэрцитивной силы [2-6], которые были получены на Береславском машиностроительном заводе при статистических измерениях, получили информацию о значениях верхней, средней и нижней зон втулок цилиндров (табл. 1).

Из данных таблицы не просматривается особой закономерности в уровне связи твёрдость-коэрцитивная сила. Коэрцитивная сила изменяется более существенно лишь в отдельных отливках от 20% до 60%, в основном, колебания в одной втулке цилиндров составляют до 5-10%. Как показал анализ, наблюдаемое связано с большим числом факторов: ликвацией компонентов при модифицировании чугуна; неоднородностью процесса кристаллизации втулки цилиндра из-за разной толщины стенки используемой металлической формы; наличием напряжений из-за различных условий кристаллизации верхней и нижней зон изделия. Кроме того, исследованиями было установлено, что имеет место неравномерный нагрев втулок цилиндров в печи при их нормализации.

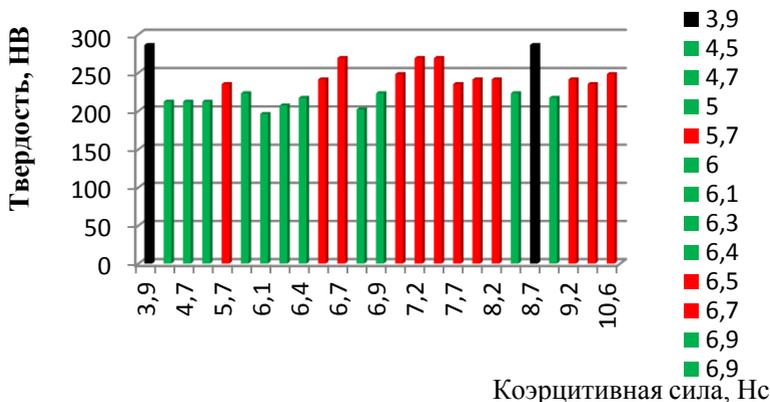


Рисунок 2 - Зависимость твёрдость-коэрцитивная сила

■ – выше верхнего предела значений по твёрдости; ■ – ниже нижнего предела значений по твёрдости; ■ – соответствует требованиям предела значений по твёрдости

Таблица 1 - Данные показаний коэрцитивной силы

Твёрдость	Верхняя часть			Средняя часть				Нижняя часть				Среднее значение	Общее значение	Min	Max	Разница
	Среднее значение															
196	5,6	5,4	5,7	5,6	7,8	7,9	8,2	8,0	7,6	7,8	8,6	8,0	7,2	5,4	8,6	3,2
217	5,1	4,9	4,9	5,0	4,9	4,7	5,1	4,9	5,1	5,0	5,3	5,1	5,0	4,9	5,3	0,4
217	6,6	6,7		6,7	6,0	6,2		6,1	6,2	6,4		6,3	6,4	6,0	6,7	0,7
212	6,6	7,0	7,0	6,9	6,5	6,5	6,4	6,4	6,5	6,8	6,9	6,8	6,8	6,7	6,4	0,6
248	7,2	7,1	7,1	7,1	6,9	6,9	6,9	6,9	7,1	7,1	7,0	7,1	7,0	6,9	7,2	0,3
223	6,7	6,9	6,8	6,8	6,5	7,1	6,7	6,8	7,1	6,9	7,2	7,1	6,9	6,5	7,2	0,7
212	6,6	6,4	6,1	6,4	5,4	5,4	5,4	5,4	6,0	6,3	5,9	6,1	6,0	5,4	6,6	1,2
212	5,2	5,5	5,6	5,4	5,0	5,1	5,2	5,1	5,5	5,7	5,6	5,6	5,4	5,0	5,7	0,7
241	6,8	6,8	6,8	6,8	7,7	7,8	7,9	7,8	8,0	8,1	8,1	8,1	7,6	6,8	8,1	1,3
248	7,3	7,3	7,4	7,3	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1	8,0	8,1	7,8	7,3	8,1	0,8

Все эти факторы оказывают влияние на структурообразование и уровень напряжений, что соответствует показаниям коэрцитивной силы. Минимальный уровень напряжений характерен для верхней части втулки цилиндра, что определяется, в первую очередь, меньшей скоростью её кристаллизации и напряжениями; средняя часть характеризуется промежуточными показаниями коэрцитивной силы. Можно предположить, что существенный вклад в изменение показаний вносит металлическая форма, которая имеет отличающуюся температуру по высоте и способствует различным условиям кристаллизации и структурообразованию.

Анализ химического состава проб, отобранных от втулок

цилиндров показал, что основными ликвирующими компонентами являются углерод и сера (в 25% случаев), а также кремний (~ 50% случаев), что подтверждает не качественное модифицирование расплава SiMn-лигатурой.

Анализ структуры металла показал, что наличие цементита до 5% способствует повышению коэрцитивной силы до 10,6А/см, в то время как уровень твёрдости не превышает 248НВ, т.е. соответствует данным нормативно-технической документации.

При низкой твёрдости, равной, в среднем, 196НВ в верхней зоне отливки коэрцитивная сила не превышала  $H_c = 5,4-5,7\text{А/см}$ , а в нижней (где более тонкая изложница) – она достигала  $H_c = 7,6-8,6\text{А/см}$ , т.е. такая разница определяется отличающимися (более быстрыми) условиями кристаллизации отливки и появлением 1,5-2% цементита (рис. 3).

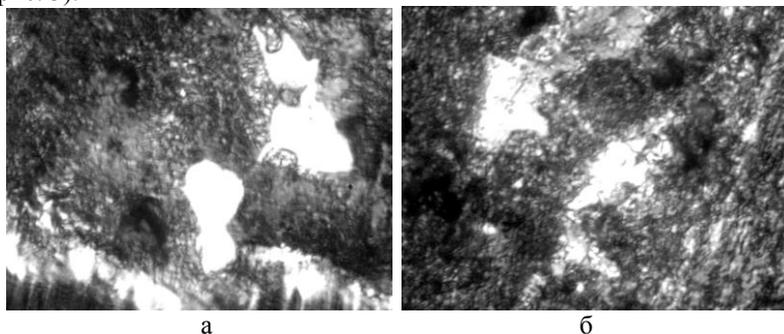


Рисунок 3 - Включения цементита во втулке цилиндра  
а – на глубине 1-2 мм×1000; б – на глубине 4-5 мм×1000

При этом, доля перлитной (сорбитной) составляющей достигает 88%. Форма и количество графита соответствуют требованиям. Кроме цементита выявлено 3,5% ледобурита, что также не допускается.

**Выводы.** В результате проведенного анализа можно утверждать, что коэрцитивная сила в большей мере, чем твёрдость, является параметром, характеризующим качество изделия и по её существенным отклонениям можно судить с большей достоверностью о структуре металла, уровню напряжений в отливке и соответствии её требованиям нормативно-технической документации.

Для повышения качества изделий следует рекомендовать использование современных модификаторов типа SUPERSEED® 75 INOCULANT, RESEED® INOCULANT, FOUNDRISIL® 75 INOCULANT, которые предназначены для модифицирования отливок

с предотвращением выделений карбидной фазы, а также, включающие компоненты, которые позволяют из одного ковша отливать последовательно ряд отливок, с предотвращением эффекта демодифицирования. К числу таких компонентов, в первую очередь, относится стронций.

Что касается снижения уровня напряжений, то можно рекомендовать программированный нагрев изложниц для отливки втулок с обеспечением их равномерного нагрева и однородных условий кристаллизации изделия по его высоте.

#### **Список использованных источников:**

1. Неразрушающий контроль качества магнитным методом деталей при их изготовлении, техническом обслуживании и ремонте: СОУ 29.32.4-37-532:2007. / А.К. Автухов, Г.Я. Безлюдько, В.М. Власовец, М.В. Марченко, Н.Г. Поздняков, А.И. Сидашенко, Т.С. Скобло, П.С. Сыромятников – Действительный от 2008-03-01. – К.: Госпотребстандарт Украины, 2008. –27 с. (Национальный стандарт Украины).

2. Анализ качества втулок цилиндров тепловозных двигателей производства ПАО «Бериславский машиностроительный завод» / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, М.В. Марченко, Е.В. Ровный // Вестник ХНТУСХ им. П.Василенко – Х.: ХНТУСХ, 2013. - Выпуск 133. – С. 3-10.

3. Скобло Т.С. Факторы, влияющие на качество втулок цилиндров тепловозных двигателей из высокопрочного чугуна / Т.С. Скобло, М.В. Марченко, Е.В. Ровный // Вестник ХНТУСХ им. П.Василенко – Х.: ХНТУСХ, 2014. - Выпуск 146. – С. 29-34.

4. Пат. 45858 Украины. Способ производства высокопрочного чугуна / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, В.М. Власовец, С.А. Бурцев и др. - № и 200906843; заявл. 30.06.2009. Бюл. 2009 г., №22.

5. Пат. 30541 Украины. Способ контроля свойств изделий из железоуглеродистых сплавов неразрушающим магнитным методом. / Г.Я. Безлюдько, В.М. Власовец, М.В. Марченко, Н.Г. Поздняков, А.И. Сидашенко, Т.С. Скобло, П.С. Сыромятников. - № и 200713586; заявл. 05.12.2007; опубл. 25.02.2008, Бюл. №4.

6. Скобло Т.С. Определение измерительного процесса при замере коэрцитивной силы во втулках цилиндров на стабильность средних значений и размахов. / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, М.В. Марченко // Труды 13-й Международной научно – технической конференции "Физические и компьютерные технологии". – 2007. – С. 48-52.

*Тамара Семеновна Скобло, доктор технических наук, профессор, Александр Иванович Сидашенко, кандидат технических наук, профессор, Евгений Валентинович Ровный, аспирант, Михаил Валентинович Марченко, кандидат технических наук, доцент, Иван Николаевич Рыбалко, кандидат технических наук, ассистент, Александр Васильевич Сайчук, кандидат технических наук, доцент, [kafrm@yandex.ru](mailto:kafrm@yandex.ru),*

*Украина, Харьков, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко*

## THE ANALYSIS OF QUALITY SLEEVE ENGINE CYLINDER BY MEANS OF NONDESTRUCTIVE INSPECTION

Skoblo T.S., Sidashenko A.I., Rovnyj E.V., Marchenko M.V., Rybalko I.N., Saychuk A.V.

*Abstract. It was found that the coercive force to a greater extent than the hardness is the parameter that characterizes the quality of the product and its substantial deviations with greater certainty can be seen on the metal structure, the level of stress in the casting and its compliance with the requirements of normative and technical documentation.*

*Key words: cylinder liners, high-strength cast iron, quality, coercive force, hardness, centrifugal casting.*

*Skoblo T.S., Professor, Doctor of Technical Science, Sidashenko A.I., Professor, Candidate of Technical Science, Rovnyj E.V., graduate student, Marchenko M.V., Associate Professor, Candidate of Technical Science Rybalko I.N., Assistant, Candidate of Technical Science, Saychuk A.V., Associate Professor, Candidate of Technical Science, [kafrm@yandex.ru](mailto:kafrm@yandex.ru), Ukraine, Kharkov, Kharkov Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture*

**ОТХОДЫ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК  
НЕТРАДИЦИОННЫЙ ВИД ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ И  
ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ  
ПОЧВЫ В ДИНАМИКЕ**

Гурин А. Г., Басов Ю. В., Гнеушева В. В.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный Университет»

*Аннотация. Обеспечение продовольственной безопасности страны невозможно без повышения и стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур. Формирование урожая сельскохозяйственных культур происходит за счёт почвенного плодородия. Плодородие почвы имеет прямую зависимость от использования органических удобрений. Отходы сахарного производства являются вторичным материальным ресурсом, которые могут быть использованы в качестве нетрадиционного вида органического удобрения. Свекловичный жом и дефекат – это уникальные продукты, обогащенные огромным количеством питательных веществ. На основании изложенного, цель исследования - разработка оптимальной дозы внесения свекловичного жома и дефеката под посевы яровой пшеницы.*

*Ключевые слова. яровая пшеница, органическое удобрение, свекловичный жом, дефекат, почвенное плодородие, вторичный материальный ресурс.*

Подъем сельскохозяйственного производства требует внедрения прогрессивных технологий, сохранения и повышения плодородия почв. В системе мероприятий, направленных на решение этой проблемы, одно из главных мест принадлежит органическим удобрениям как самому радикальному и многофакторному средству окультуривания почв, средству повышения эффективности химизации сельского хозяйства и обеспечения высоких и стабильных урожаев.

В последние годы органические удобрения широко применяются при комплексном агрохимическом окультуривании полей, которое предусматривает повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур на основе интенсивного применения удобрений. Органические удобрения – важнейший фактор практического регулирования многих показателей плодородия почв:

содержания органического вещества, подвижных форм азота, фосфора, калия, кальция, алюминия, железа, марганца и других микро- и макроэлементов, кислотности, ЕКО, степени насыщенности основаниями, биологической активности, вводно-воздушного режима и так далее.[1]

Наряду с традиционными органическими удобрениями (подстилочный навоз, птичий помет, сапропель, торф, зеленое удобрение) необходимо использовать и другие виды органических удобрений. В последнее время чаще всего к другим видам органических удобрений относятся отходы предприятий, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию так называемый вторичный материальный ресурс. Отходы сахарного производства также можно использовать, как один из вида нетрадиционного органического удобрения. Несмотря на статус вторичного вещества, жом содержит протеин, клетчатку, БЭВ, жир и другие полезные компоненты. Этот продукт способен повысить плодородность почвы, увеличив объем урожая. А при переработке свеклы его образуется десятки миллионов тонн. При переработке сахарной свеклы в сахар получается целый ряд отходов: жом, патока, меласса, диффузионная вода, фильтропрессный промой, дефекаат.[2]

Свекловичный жом - обессахаренная свекловичная стружка, образующаяся при производстве сахара из сахарной свеклы. Известны различные способы использования свекловичного жома, основанным из них является использование свекловичного жома в качестве корма для скота. В связи с увеличением площади под сахарной свеклой и сокращением поголовья скота свекловичный жом полностью не утилизируется и создает экологические проблемы. В качестве удобрения свекловичный жом в частом виде применяться не может из-за его высокой токсичности, вызванной кислой реакции среды, а также несбалансированным содержанием основных элементов питания. Дефекаат также является отходом сахарной промышленности. Используется как известковый мелиорант. В связи с тем, что свежий свекловичный жом характеризуется высокой влажностью 79-90 %, а дефекаат при влажности 30% и выше становится вязкой пластичной массой, технологически непригодной для внесения в почву серийными разбрасывателями, смешивание свекловичного жома и дефекаата крайне не желательно. Поэтому предлагается способ внесения этих компонентов по отдельности с последующей заделкой их при перепашке или культивации.[4]

По сути дела, при совместном внесении жома и дефекаата наблюдается синергизм, т.е. усиливалось влияние предлагаемого

удобрения более чем в 2 раза. Объяснением этому является то, что при внесении по отдельности жома и фекалия усиливалось неблагоприятное воздействие на яровую пшеницу: с одной стороны, сильно подкислялась почва (под влиянием свекловичного жома), а с другой стороны сильно подщелачивалась (под влияние фекалия). Совместное же применение компонентов нейтрализовало неприятное воздействие этих факторов на растение, и эффективность при этом резко возросла.[3]

Варианты:

1. Контроль (без внесения жома)
2. 50 т/га жома
3. 100 т/га жома
4. 150 т/га жома
5. 200 т/га жома
6. Жом 150 т/га + фекалия 5 т/га
7. Жом 150 т/га + фекалия 10 т/га
8. Жом 150 т/га + фекалия 15 т/га

Повторность опыта трёхкратная, размещение делянок рендомизированное. Объект исследования яровая пшеница сорт Сударыня. Почва серая лесная, содержание гумуса 2,39%, рН<sub>сол.</sub> 6,5.

#### **Результаты исследований.**

Как известно, свекловичный жом и фекалия это уникальные органические удобрения с большим количеством питательных веществ. До внесения свекловичного жома и фекалия, были проведены исследования, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав свекловичного жома и фекалия

Наименование удобрения	Кислотность, рН <sub>сол.</sub>	K <sub>2</sub> O, мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	N, %
Свекловичный жом	3,9	0,9	0,3	1,9
Фекалия	9,3	0,6	1,2	0,6

Как большинство сельскохозяйственных культур, яровая пшеница лучше развивается при реакции среды близкой к нейтральной. Как видно из таблицы 1 свекловичный жом имеет очень кислую реакцию среды (рН=3,9), тем самым это существенно оказало влияние на кислотность. Исследования показали, что внесение свекловичного жома без фекалия способствует подкислению почвы. Так в контрольном варианте (без внесения

свекловичного жома и дефеката) кислотность почвы составила 6,57, в варианте при внесении 50 т/га – 6,42; в варианте при внесении 100 т/га – 6,04; в варианте при внесении 150 т/га – 5,73, с максимальной дозой внесения кислотность почвы составила 5,56. Совместное внесение дефеката и свекловичного жома способствовало снижению кислотности почвы. Так при внесении 150 т/га свекловичного жома и 5 т/га дефеката кислотность составила 5,89; в варианте при дозе внесения 150 т/га жома и 10 т/га дефеката – 6,97. Оптимальный уровень реакции среды, для яровой пшеницы достигнут в варианте при дозе внесения свекловичного жома 150 т/га и дефеката 15 т/га – 7,11 (таблица 2). Аналогичные результаты получены в 2015 году.

Содержание запасов азота в почве и гумуса имеет известную связь. Со снижением содержания азота по профилю, следует соответственно снижению гумуса в почве. Результаты наших исследований показали, что при внесении свекловичного жома количество гумуса увеличилось незначительно. Так в контрольном варианте 2,36%; в варианте при внесении 50 т/га жома -2,38%; в варианте при внесении 100 т/га – 2,37%; в варианте при внесении 150 т/га – 2,41%; при максимальной дозе внесения свекловичного жома в количестве 200 т/га количество гумуса составило 2,39%. Совместное внесение свекловичного жома и дефеката так же оказало не существенное влияние на содержание гумуса в почве. В варианте при внесении свекловичного жома 150 т/га и дефеката 5 т/га количество гумуса составило 2,34 %; в варианте при внесении 150 т/га жома и 10 т/га дефеката – 2,39 %; в варианте с дозой внесения 150 т/га жома и 15 т/га дефеката содержание гумуса незначительно уменьшилось и составило 2,31%. . Аналогичные результаты были в 2015 году, кроме варианта с внесением свекловичного жома в количестве 150 т/га и дефеката 10 т/га, где количество гумуса увеличилось и составило 2,46% (контроль 2,38 %).

Внесение свекловичного жома, а так же совместное внесение свекловичного жома и дефеката не оказали существенного влияния на содержание калия в почве. Лишь в некоторых вариантах было не существенное увеличение калия. Наилучшие результаты были отмечены в варианте при дозе внесения свекловичного жома 200 т/га, где содержание калия составило 254,4 мг/кг (контроль 231,6 мг/кг) и в варианте при внесении 150 т/га жома и 5 т/га дефеката – 251,7 мг/кг. В 2015 году увеличение содержания калия в почве показали варианты с внесением жома 150 т/га и дефеката 10 т/га количество калия составило 253,6 мг/кг (контроль 243,5 мг/кг), в варианте при внесении 150 т/га жома и 15 т/га дефеката – 254,1 мг/кг.

Иная картина наблюдается по содержанию фосфора в почве. Количество фосфора значительно увеличилось, что связано с кислой реакцией среды свекловичного жома. Исследования 2014 и 2015 годов показали, что максимальное увеличение фосфора достигнуто в варианте при внесении 200 т/га свекловичного жома и количество жома составило 147,3 мг/кг (контроль 96,1 мг/кг, 2014 г.) и 149,4 мг/кг (97,3 мг/кг, 2015 г.); в варианте при внесении 150 т/га жома и 10 т/га дефеката – 137,6 мг/кг (2014 г.) и 143,8 мг/кг (2015 г.) соответственно.

Таблица 2 – Агрохимические свойства почвы в зависимости от доз внесения свекловичного жома и дефеката

Варианты	Кислотность рНсол. 2014	Кислотность рНсол. 2015	Гумус % 2014	Гумус % 2015	K2O	K2O	P2O	P2O
					мг/к г	мг/к г	5мг/кг	5 мг/к г
					2014	2015	2014	2015
1. Конт роль (без внесения жома)	6,57±0,06	6,35±0,05	2,36 ± 0,07	2,38±0,06	231,6±0,11	243,5±0,14	96,1±0,09	97,3±0,08
2. 50 т/га жома	6,42±0,09	6,12±0,11	2,38 ± 0,03	2,39±0,04	242,7±0,17	247,3±0,15	99,4±0,11	102,9±0,08
3. 100 т/га жома	6,04 ±0,04	5,84±0,05	2,37 ± 0,04	2,40±0,06	232,3±0,20	245,1±0,16	113,0±0,13	119,3±0,11
4. 150 т/га жома	5,73 ±0,05	5,53±0,04	2,41 ± 0,06	2,43±0,05	252,7 ± 0,21	249,1±0,19	132,5±0,11	134,5±0,14
5. 200 т/га жома	5,56 ±0,06	5,24±0,07	2,39 ± 0,07	2,44±0,08	254,4±0,19	252,2±0,22	147,3±0,14	149,4±0,09
6. Жом 150 т/га + дефека т 5,0 т/га	5,89 ±0,04	5,48±0,06	2,34 ± 0,02	2,42±0,03	251,7 ± 0,16	251,9±0,15	137,6 ± 0,13	143,8±0,12
7. Жом 150 т/га + дефека т 10,0 т/га	6,97 ±0,06	6,51±0,05	2,39 ± 0,04	2,46±0,03	229,6 ± 0,18	253,6±0,17	109,3±0,09	110,3±0,10
8. Жом 150 т/га + дефека т 15,0 т/га	7,27 ±0,05	7,11±0,05	2,31 ± 0,05	2,43±0,05	246,8 ± 0,20	254,1±0,18	87,1±0,09	91,1±0,12

Наши исследования показали, что совместное внесение свекловичного жома и дефеката оказало положительное влияние на основные показатели почвенного плодородия. Так в 2015 г. в контрольном варианте без внесения свекловичного жома, урожайность составила 24,3 ц/га, но с внесением свекловичного жома в количестве 50 т/га урожайность увеличилась на 15,6% и составила 28,1 ц/га. В

варианте четвертом и пятом урожайность снизилась при дозе внесения 150 т/га свекловичного жома и составила 19,3 ц/га, при внесении 200 т/га жома 17,2 ц/га соответственно, что связано с кислотностью свекловичного жома. При совместном внесении свекловичного жома и дефеката явно прослеживается динамика повышения урожайности. Максимальная урожайность достигнута в восьмом варианте при внесении 150 т/га свекловичного жома и 15 т/га дефеката и составляет 38,9 ц/га, а так же в седьмом варианте при дозе внесения 150 т/га жома и 10 т/га дефеката - 38,4 ц/га. Таким образом, на основании проведённых исследований можно предложить для утилизации отходов свеклосахарного производства, повышения эффективного плодородия и увеличения продуктивности яровой пшеницы использовать свекловичный жом и дефекат в качестве органического удобрения. Оптимальная доза внесения: 150 т/га свекловичного жома и 10 т/га дефеката.

#### **Список использованных источников:**

1. Шкрабак В.С., Луковников А.В., Тургиев А.К. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве. – М.: Колос, 2002. - 512 с.
2. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрехимия. – М.: Колос, 2002. – 576 с.
3. Лапа В.В. и др. Справочник агрохимика/Под ред. В.В. Лапа. - Минск: Белорусская наука, 2007.-390 с.
4. Погорелова Ю.Н., Байбак Е.О. Получение углеводно-белковой добавки на основе свекловичного жома. Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Материалы Международной научно-технической конференции, Минск, 28-29 мая 2008 г. БГТУ: Редкол. И.М. Жарский (гл. ред.) и др.-Минск, 2008.- С.76-79.
5. Гурин А.Г., Басов Ю.В., Гнеушева В.В. Токсичное влияние кадмия и ртути на почвенные микроорганизмы: Сборник материалов Региональной межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Достижения молодых ученых агропромышленному производству» (Орел 25-26 марта 2014), издательство ОрелГАУ 2014
6. Гурин А.Г., Басов Ю.В., Гнеушева В.В. Обоснование повышения урожайности и экологической эффективности сахарной свеклы: VI Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2014» Информационные

ресурсы АПК в аграрном образовании, РАЕ, Москва, 2014 г. (<http://www.scienceforum.ru/2014/650/6981>)

7. Гурин А.Г., Басов Ю.В., Гнеушева В.В. Агроэкологическая оценка использования отходов сахарного производства в качестве нетрадиционного удобрения на посевах пшеницы: IV Международная научная экологическая конференция «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» 25 марта 2015 г., г.Краснодар

8. Гурин А.Г., Басов Ю.В., Гнеушева В.В. Использование отходов сахарного производства как нетрадиционный вид органического удобрения: Журнал «RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE REVIEW»» Том.5 № 5-1 2015г. С.260-263

9. Гурин А.Г., Басов Ю.В., Гнеушева В.В. Жом как ценнейший продукт сахарного производства: Журнал «RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE REVIEW» Том.5 № 5-1 2015г. С.251-255.

10. Гурин А.Г., Басов Ю.В., Гнеушева В.В. Использование свекловичного жома как один из видов органического удобрения и его влияние на ростовые процессы яровой пшеницы: Внеочередной номер журнала посвященному дню охраны труда в рамках Всероссийской научной конференции «Проблемы и перспективы техносферной безопасности в АПК» 28 апреля 2015 г., ОрелГАУ

*Гурин Александр Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агроэкологии и охраны окружающей среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный Университет», 302019 г. Орел, ул. Генерала Родина. д. 60, кв. 28. E-mail: gurin10159@yandex.ru, 89202845165*

*Басов Юрий Вениаминович, кандидат с/х наук, доцент кафедры агроэкологии и охраны окружающей среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный Университет», 302005 г. Орел, ул. Земнухова д.18. E-mail: basov.yuribas@yandex.ru, 89102047003*

*Гнеушева Виктория Валерьевна, аспирантка 3-го года обучения, факультета агробизнеса и экологии, кафедры агроэкологии и охраны окружающей среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный Университет», 302030 г. Орел, ул. Покровская, д. 10, кв. 48  
E-mail: viktoria-55555@yandex.ru, 89606455570.*

## WASTE OF SUGAR PRODUCTION AS NON-TRADITIONAL ORGANIC FERTILIZERS AND THEIR INFLUENCE ON THE MAIN INDICATORS OF SOIL FERTILITY DYNAMICS

Gurin A.G., Basov U.V., Gneusheva V.V.

*Abstract: Ensuring food security of the country is impossible without improving and stabilizing crop yields. The formation of agricultural crops comes at the expense of soil fertility. Soil fertility has a direct dependence on the use of organic fertilizers. Wastes of sugar production are a secondary material resource that can be used as an unconventional form of organic fertilizer. Beet pulp and a defecate are a unique products enriched with huge amount of nutrients. In connection with the foregoing the aim of the study is the developing of the optimum dose of making beet pulp and defecates under the spring wheat crops.*

*Key words: spring wheat, organic fertilizer, sugar beet pulp, defecation, soil fertility, secondary material resource.*

*Gurin Alexander G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agroecology and Environment, Orel State Agrarian University.*

*Yuri Basov Veniaminovich, PhD c / Agricultural Sciences, Associate Professor of Agroecology and Environment, Orel State Agrarian University.*

*Gneushev Victoria V., postgraduate student of 3rd year students of the Faculty of Agribusiness and Ecology, Department of Agroecology and Environment, Orel State Agrarian University.*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ В КАМЕРЕ КОНИЧЕСКО- ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

П.А. Чапский, А.И. Рухляда, Н.П. Киселева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (ФГБНУ СКНИИМЭСХ)

*Аннотация.* Представлены результаты экспериментальных исследований процесса низкотемпературной сушки измельченного растительного материала исходной влажностью 70-77 % во взвешенном слое в сушильной камере коническо-цилиндрической формы с механическим побуждением высушиваемого материала. В качестве сушильного агента в лабораторной установке применяется нагретый электрокалорифером воздух.

*Ключевые слова:* сушка, измельченный растительный материал, взвешенный слой, активация слоя, оптимальные параметры.

**Введение.** Основой технологии приготовления травяной муки, используемой в качестве источника каротина в рационах сельскохозяйственных животных и птицы, до недавнего времени являлась высокотемпературная сушка измельченных зеленых трав с последующим размолотом в муку. Технологический процесс характеризуется высокими энергоемкостью и расходом жидких нефтепродуктов (газа) и в настоящее время имеет ограниченное применение. Альтернативой ему, в известной степени, может служить низкотемпературная сушка трав при относительно небольших объемах производства. Низкотемпературные сушилки (лотковые, конвейерные) [1] характеризуются простотой конструкции, более низкой стоимостью и универсальностью, но производительность их невелика, и необходимы дополнительные способы интенсификации влагоотдачи высушиваемым материалом.

Анализ результатов имеющихся исследований [2, 3] показывает, что скорость сушки растительных материалов определяется температурой сушильного агента, его скоростью в сушильной камере и величиной удельной нагрузки высушиваемого материала на

распределительную решетку. При этом одним из наиболее реальных способов интенсификации процесса влагоотдачи высушиваемым материалом является увеличение поверхности контакта газовой и твердой фаз за счет измельчения (расщепления) высушиваемого материала в зоне действия теплоносителя [4] или использования активного гидродинамического режима, реализуемого, к примеру, в аппаратах коническо-цилиндрической формы со взвешенным слоем [5, 6]. Однако ранее выполненными в институте исследованиями установлено, что реализовать в чистом виде устойчивый «кипящий» слой измельченной растительной массы в конической камере практически не представляется возможным. Вследствие неоднородности гранулометрического состава высушиваемого материала (листовая и стеблевая фракции, разная длина резки) и неравномерного распределения его по сечению камеры в местах наименьшего сопротивления слою материала потоку теплоносителя образуются воронки (кратеры), из которых узкой струей выбрасывается теплоноситель с частицами высушиваемого материала, а вокруг образуется кольцевой слой малоподвижных частиц материала. Концентрация высушиваемого материала в такой струе невысока, что ведет к неэффективному использованию теплоносителя. В этой связи представляется целесообразным ввести дополнительную активацию слоя материала в камере, обеспечивая тем самым более равномерное распределение его по сечению, а, следовательно, и более эффективное использование сушащего потенциала теплоносителя. Результаты исследования процесса сушки с активацией слоя измельченного растительного материала в камере коническо-цилиндрической формы и составили содержание данной статьи.

**Результаты исследований.** Параметрами, характеризующими процесс сушки растительного материала в камере, являлись:

- производительность сушилки по испаренной влаге, отнесенная к  $1 \text{ м}^2$  воздухораспределительной решетки,  $M$ ,  $\text{кг/ч}\cdot\text{м}^2$ ;
- расход энергии на  $1 \text{ кг}$  испаренной влаги,  $N$ ,  $\text{кВт}\cdot\text{ч/кг}$ ;
- скорость сушки,  $J$ ,  $\%/ч$ ;
- влажность высушенного материала,  $W$ ,  $\%$ .

Факторами, определяющими процесс сушки материала в камере, выступали:

- температура сушильного агента на входе в камеру,  $T$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- часовой расход сушильного агента,  $Q$ ,  $\text{м}^3/ч$ .

Удельная нагрузка растительного материала на воздухораспределительную решетку по результатам ранее выполненных исследований принималась равной  $159,0 \text{ кг/м}^2$ .

При проведении исследований варьируемыми принимались все факторы.

Уровни изменения факторов, определяющих процесс сушки материала, приведены в таблице.

Материалом для сушки служила люцерна в стадии начала цветения.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Факторы, $x_i$	Уровни варьирования		
	нижний	основной	верхний
$x_1(T)$	85	105	125
$x_2(Q)$	600	800	1000

Методика проведения исследований заключалась в следующем. С помощью воздушных заслонок в сушильной камере задавали требуемый часовой расход сушильного агента и включали в работу электрокалорифер. Из измельченной до длины 5-10 мм растительной массы формировали навеску материала, соответствующую требуемой величине нагрузки на воздухораспределительную решетку. При установившейся температуре сушильного агента на выходе из калорифера в камеру загружали подготовленную навеску материала, и поток теплоносителя переключали на сушку. Продолжительность опытов составляла 30 минут. В течение опыта регулярно (через каждые 5 минут) регистрировали температуру сушильного агента на входе в слой материала и на выходе из сушильной камеры, температуру сухой и влажной термпар и перепад давления в камере. По окончании опыта выгружали массу из осадительного циклона и сушильной камеры, взвешивали ее и отбирали образцы для анализа на влажность. Полученные данные использовали при расчете параметров процесса сушки. Энергозатраты при этом, рассчитывали по количеству тепла, переданного высушиваемому материалу от сушильного агента за учетный период.

Лабораторная установка (рисунок 1) включала сушильную камеру коническо-цилиндрической формы объемом 0,22 м<sup>3</sup> с размещенными в ней воздухораспределительной решеткой и направляющим конусом, стабилизатор потока сушильного агента, питатель растительной массы, тепловентиляционный блок, воздухопроводы с регулировочными заслонками, переключатель потока сушильного агента и осадительный циклон. Температуру поступающего в сушильную камеру и отработавшего сушильного

агента замеряли с помощью термодатчиков, подключенных к регистрирующему прибору, перепад давления в камере – U-образным манометром. Расход сушильного агента в камере рассчитывали по показаниям чашечного анемометра, регистрирующего скорость агента сушки на выходе из камеры.



Рисунок 1 – Общий вид установки для сушки зеленых кормов

Для активации слоя высушиваемого в камере материала предполагалось использовать струю сушильного агента или механическое побуждение материала. По первому варианту часть потока агента сушки отбиралась в кольцевую камеру, а затем через кольцевую щель направлялась в камеру сушки по образующей поверхности конуса, способствуя смещению малоподвижного периферийного слоя материала к центру камеры. Во втором варианте использовался механический побудитель материала в камере, приводимый от электродвигателя через червячный редуктор.

Наблюдениями за процессом в камере установлено, что использование струи агента сушки для активации малоподвижного слоя материала у стенок камеры может дать эффект лишь при больших его расходах. На реализованных в опытах величинах часового расхода некоторый эффект отмечался лишь на достаточно просохшем материале. Более приемлемым оказался вариант механического побуждения высушиваемого материала. С использованием этого способа активации и были выполнены экспериментальные исследования.

Полученные опытные данные были обработаны на персональной ЭВМ по программе статистической обработки, и выведены уравнения регрессии, описывающие связь параметров процесса сушки с независимыми факторами:

- влажность высушенного материала,  $W$ , %

$$W = 382,219 - 0,397 \cdot Q - 3,335 \cdot T + 1,617 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 9,739 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot T + 0,01 \cdot T^2;$$

- производительность по испаренной влаге,  $M$ , кг/ч·м<sup>2</sup>

$$M = 1895,82 + 3,524 \cdot Q - 54,926 \cdot T - 0,002 \cdot Q^2 - 0,002 \cdot Q \cdot T + 0,246 \cdot T^2;$$

- скорость сушки материала,  $J$ , %/ч

$$J = -1137,46 + 0,97 \cdot Q + 14,328 \cdot T - 8,426 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,005 \cdot Q \cdot T - 0,077 \cdot T^2;$$

- расход энергии на 1 кг испаренной влаги,  $N$ , кВт·ч/кг

$$N = 8,55 - 0,004 \cdot Q - 0,124 \cdot T + 6,892 \cdot 10^{-6} \cdot Q^2 - 6,932 \cdot 10^{-5} \cdot Q \cdot T + 8,453 \cdot 10^{-4} \cdot T^2.$$

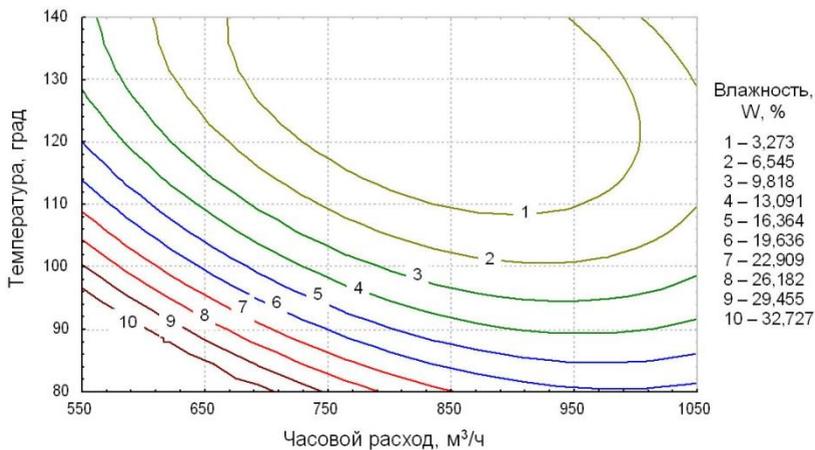
Приведенные уравнения регрессии адекватно описывают данный процесс при коэффициентах корреляции  $R = 0,95 \div 1,0$ , объяснённом отклонении (расхождении) 90,4-99,8 % и уровне значимости  $p < 0,05$ .

Анализ представленных уравнений показывает, что на основные показатели процесса сушки растительной массы в камере коническо-цилиндрической формы с механическим побуждением материала большее, по сравнению с часовым расходом теплоносителя  $Q$ , влияние оказывает температура сушильного агента  $T$  – отношение коэффициентов при их линейных членах  $b_2/b_1$  составляет: для влажности высушенного материала – 8,4, производительности по испаренной влаге – 15,6, скорости сушки – 14,8, расхода энергии – 31,0.

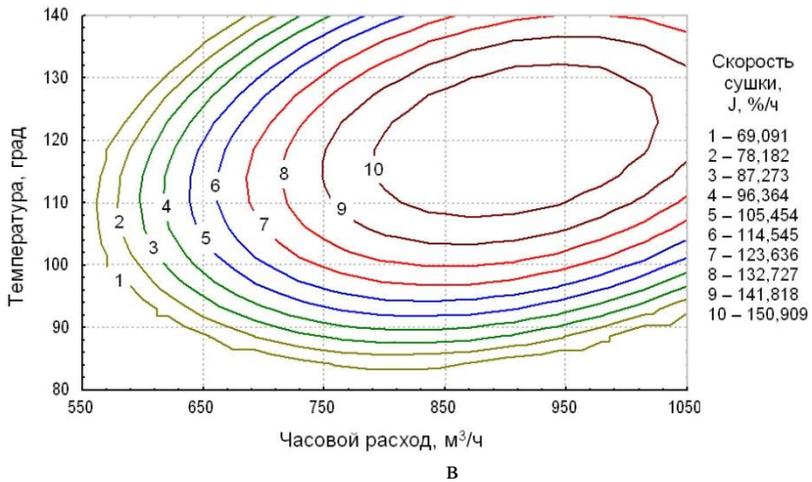
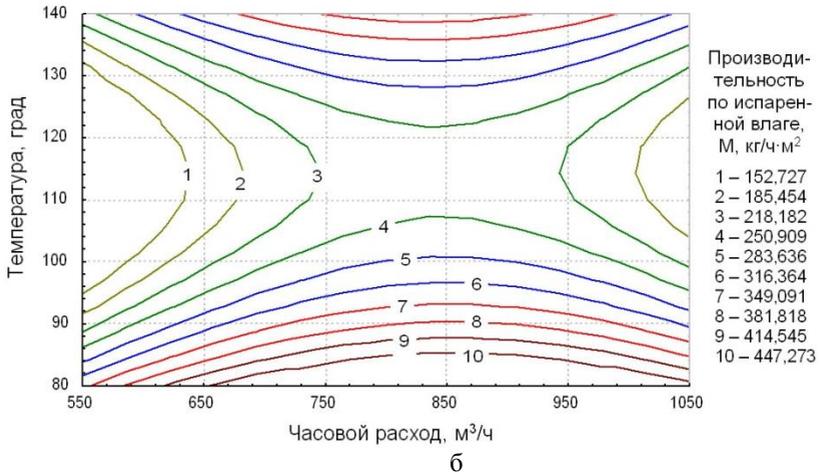
Для определения области оптимальных значений факторов, влияющих на процесс сушки, проведены исследования поверхности

отклика с помощью двумерных сечений, контурные линии которых соответствуют определенным значениям его параметров (рисунок 2).

Анализируя приведенные графики можно отметить, что удовлетворяющие агротехническим требованиям значения влажности высушенного материала 8-12 % обеспечиваются в довольно широком диапазоне сочетаний значений часового расхода теплоносителя  $Q$  и его температуры  $T$  – от 550 м<sup>3</sup>/ч при 130-140°С до 1050 м<sup>3</sup>/ч при 92-100°С. Максимальное значение скорости сушки материала  $J$  смещается в область, ограничиваемую величинами часового расхода теплоносителя 800-1000 м<sup>3</sup>/ч и его температуры 108-132°С. Минимум энергозатрат на испарение 1 кг влаги приходится на область, ограничиваемую величинами часового расхода теплоносителя 700-900 м<sup>3</sup>/ч и его температуры 98-115°С. Производительность по испаренной влаге в отмеченных областях составляет от 185,0 до 283,0 кг/м<sup>2</sup>·ч.



а



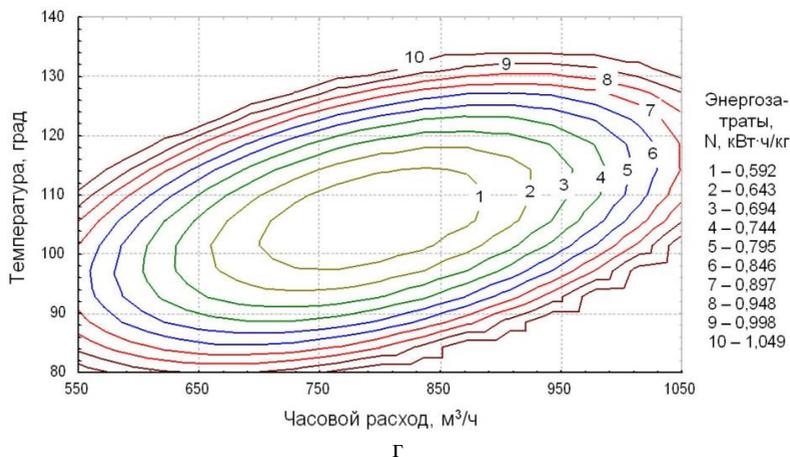


Рисунок 2 – Двумерные сечения поверхности отклика:  
 а – влажность  $W = f(Q, T, K = 159 \text{ кг/м}^2, n = 20,5 \text{ мин}^{-1})$ ;  
 б – производительность по испаренной влаге  $M = f(Q, T, K = 159 \text{ кг/м}^2, n = 20,5 \text{ мин}^{-1})$ ; в – скорость сушки  $J = f(Q, T, K = 159 \text{ кг/м}^2, n = 20,5 \text{ мин}^{-1})$ ; г – энергозатраты  $N = f(Q, T, K = 159 \text{ кг/м}^2, n = 20,5 \text{ мин}^{-1})$

Для принятия окончательного решения по выбору оптимальных режимов процесса сушки растительного материала проведено наложение полученных двумерных сечений с целью определения значений факторов и параметров, обеспечивающих получение продукта кондиционной (10-12 %) влажности (рисунок 3).

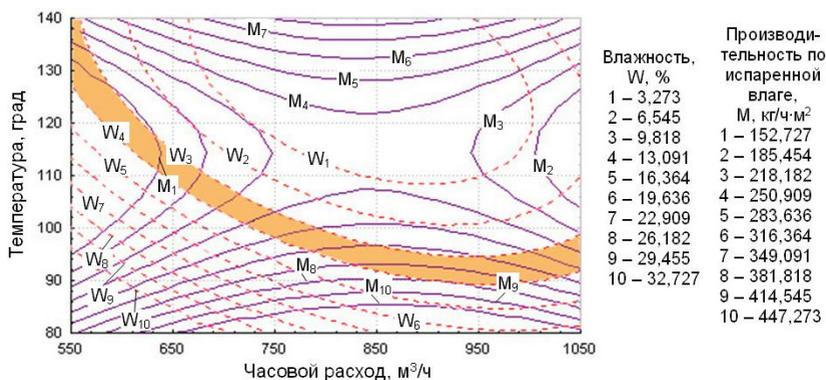


Рисунок 3 – Номограмма для определения значений факторов процесса сушки, обеспечивающих получение продукта кондиционной

(10-12 %) влажности (для параметров влажность  $W$  – производительность по испаренной влаге  $M$ )

На рисунке 4 приведены графики, построенные по результатам обработки представленных номограмм, отражающие параметры процесса, удовлетворяющие требованиям получения высушенного продукта кондиционной влажности при различных режимах сушки.

**Выводы.** На основании анализа приведенных графиков можно выделить область рациональных (для условий проведенных опытов) значений технологических параметров низкотемпературной сушки измельченной растительной массы в камере коническо-цилиндрической формы объемом 0,22 м<sup>3</sup> с механическим побуждением высушиваемого материала, обеспечивающих досушивание измельченной растительной массы исходной влажностью 70-77 % до влажности 8-12 %:

- нагрузка на воздухораспределительную решетку – 159,0 кг/м<sup>2</sup>;
- часовой расход сушильного агента – 750,0- 850,0 м<sup>3</sup>/ч;
- температура сушильного агента на входе в камеру – 90,0-105,0

°С.

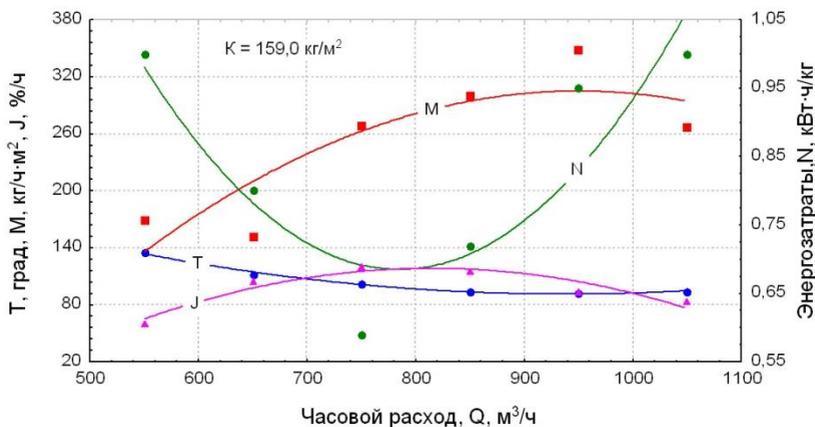


Рисунок 4 – Параметры и факторы процесса, обеспечивающие получение продукта кондиционной (8-12 %) влажности

Производительность сушилки по испаренной влаге составит при этом 270,0-300,0 кг/ч·м<sup>2</sup>, что по сухому продукту соответствует 105,0-115,0 кг/ч на 1 м<sup>2</sup> воздухораспределительной решетки. Скорость сушки равна 120 %/ч, расход энергии на 1 кг испаренной влаги – 0,7 кВт·ч.

Температура высушенного материала составляет 60- 65°C. Потери давления в слое высушиваемого материала изменяются от 200 Па в начальный период сушки до 100 Па – в заключительный. Относительная влажность отработанного агента сушки в продолжение опыта изменяется от 44 % до 6,0 %, что свидетельствует о целесообразности применения его рециркуляции.

#### **Список использованных источников:**

1. Демин, А.В. Поточные линии сушки трав и другого растительного сырья на базе электротепловой конвейерной установки / А.А. Демин, А.В. Тихомиров // Комплексная электрификация тепловых процессов в сельскохозяйственном производстве: Сб. науч. трудов ВИЭСХ. – Т. 60. – М.: ВИЭСХ, 1984.– С. 46-55.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2-х кн. Кн.2: Учебн. для вузов / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков [и др].; Под ред.акад РАСХН В.А.Панфилова. – М.: Высшая школа, 2001.- 680 с.: ил.
3. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
4. Котов, Б.И. Интенсификация сушки трав / Б.И. Котов, В.Е. Поединок, Н.Ф. Лещук, Э.В. Шнюрювичус // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. –№ 1. – С. 8-11.
5. Плановский, А.Н. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности / А.Н. Плановский, В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1979. – 287 с.
6. Соколов, П.В. Проектирование сушильных и нагревательных установок для древесины / П.В. Соколов. – М.: Лесная промышленность, 1965.– 331 с.

*Чапский Петр Алексеевич кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник,*

*Рухляда Артем Игоревич младший научный сотрудник,*

*Киселева Наталья Петровна научный сотрудник*

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Северо-Кавказский научно-исследовательский институт  
механизации и электрификации сельского хозяйства» (ФГБНУ  
СКНИИМЭСХ), отдел механизации животноводства.*

*347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград,  
ул. им. Ленина, д. 14, тел. 8-86359-35-2-42, e-mail: mehkort@yandex.ru*

THE RESEARCH RESULTS THE PROCESS  
OF CROP DRYING IN THE CHAMBER OF A CONICAL-  
CYLINDRICAL SHAPE

Chapskiy P.A., Rukhlyada A.I., Kiseleva N.P.

*Abstract. Results of experimental studies of the process of low temperature drying of powdered plant material with initial moisture content 70-77 % in suspended layer in the drying chamber of a conical-cylindrical shape with a mechanical impulse of the drying material. The air warmed with electric heater is used as a drying agent in the laboratory unit.*

*Keywords: drying, powdered plant material, suspended layer, activation layer, optimal parameters*

Chapskiy P.A., leading scientific associate, candidate of  
Science in Engineering,  
Rukhlyada A.I., junior scientific associate,  
Kiseleva N.P., scientific associate

Federal state budgetary scientific institution North-Caucasian scientific  
research Institute of mechanization and electrification of agriculture  
Russia, Rostov region, Zernograd, e-mail: mehkorm@yandex.ru.

УДК 621.327.534.15.001:628.931:658.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЯВЛЕННЫХ  
СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПАКТНЫХ  
ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП С ВЫБОРОМ ОПТИМАЛЬНОЙ  
ЛАМПЫ ПО КРИТЕРИЮ «ЦЕНА – КАЧЕСТВО»**

М. В. Бородин, И.Н. Трусов

ФГБОУ ВО Орловский государственный аграрный университет

*Аннотация.* В статье произведена оценка соответствия заявленным светотехническим характеристикам энергосберегающих ламп. Для исследования были приняты лампы трех производителей *Camilion*, *Космос* и *Navigator* мощностью 15Вт. Произведены измерения потребляемой мощности, освещенности, силы тока, времени разгорания ламп и рассчитаны световой поток, сила света, удельный световой поток и световая отдача. На основании произведенных измерений и расчетов выбрана оптимальная для покупателя энергосберегающая лампа.

*Ключевые слова:* энергосберегающие лампы, критерий «цена – качество», световой поток, удельный световой поток.

**Введение.** Широкое применение в осветительных приборах жилых, офисных, коммерческих, общественных и промышленных помещений получили компактные люминесцентные лампы (энергосберегающие лампы) [1]. Современный рынок светотехнической продукции предлагает большой выбор энергосберегающих ламп различных производителей с разными светотехническими характеристиками и большим диапазоном цен, поэтому актуальной является задача выбора оптимальной по критерию «цена-качество» лампы.

**Исследование.** Для оценки соответствия заявленным светотехническим характеристикам и для выявления соотношения цена - качество производимой продукции, необходимо сравнить светотехнические параметры исследуемых ламп. Предлагается в качестве основного критерия оптимального выбора энергосберегающих ламп использовать отношение светового потока к

мощности и стоимости лампы. Для оценки заявленных характеристик были приняты лампы трех марок: Camilion (Литарк Лайтинг энд Электроник Лтд.), Космос (Ханжоу Дзинин Электрик Эплиенсе Ко Лтд.), Navigator (Xiamen Nexx Optical Electronic Technology Co LTD) мощностью 15 Вт. Все испытанные лампы произведены в Китае. Данные по лампам и их характеристики представлены в Таблице 1. Цены приняты согласно [2].

Таблица 1- Характеристики испытываемых ламп

№ п\п	Марка лампы	Мощность P, Вт	Цветовая температура, К	Световой поток, лм	Рабочий ток, мА	Стоимость, руб
1	Camelion	15	6500	930	109	146
2	Космос	15	6500	800	100	114
3	Navigator	15	6500	850	110	168
4	Camelion	15	2700	1050	109	185
5	Космос	15	2700	800	100	129
6	Navigator	15	2700	940	95	182
7	Camelion	15	4200	930	109	168

Для оценки заявленных характеристик вышеуказанных ламп были произведены измерения освещенности, потребляемой мощности, силы тока и времени разгорания ламп при напряжении U=220В [5]. Измерение освещенности производилось на стенде по испытанию источников света. Он представляет собой закрытый ящик с внутренними темными ограждающими поверхностями. Далее были произведены расчеты светового потока, силы света, удельного светового потока и световой отдачи. Результаты измерений и расчетов представлены в Таблице 2 и на рисунках 1- 2.

Световой поток определялся по формуле: [4]

$$\Phi = 4 \cdot \pi \cdot E \cdot l^2 \quad (1)$$

где  $\Phi$ - световой поток, лм;

$\pi=3,14$

E- освещенность, лк;

l- расстояние между лампой и фотоэлементом (чувствительным элементом люксметра), м.

Сила света определялась по формуле: [4]

$$I_i = E_i \cdot l^2 \quad (2)$$

где  $I_i$ - сила света, кд;  
 $E_i$ - освещенность при  $i$ -том меридиальном угле, лк;  
 $l$ - расстояние между осью лампы и фотоэлементом, м.  
 Удельный световой поток определялся по формуле: [4]

$$Y_c = \frac{\Phi}{P \cdot c} \quad (3)$$

где  $Y_c$  - удельный световой поток, лм/(Вт\*руб);  
 $\Phi$ - световой поток, лм;  
 $P$  - потребляемая мощность, Вт;  
 $c$ - стоимость, руб.

Световая отдача определялась по формуле: [4]

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (4)$$

где  $\eta$ - световая отдача, лм/Вт;  
 $\Phi$ - световой поток, лм;  
 $P$  - потребляемая мощность, Вт.

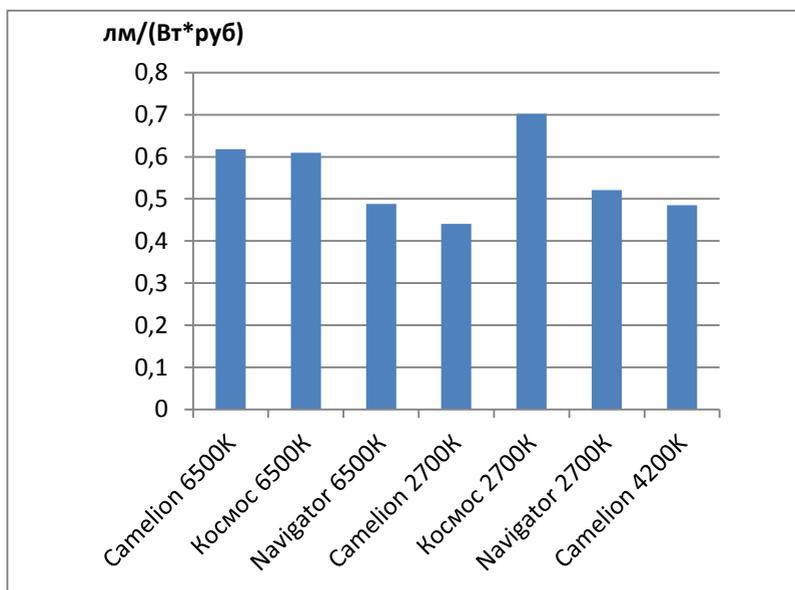


Рисунок 1 - Удельный световой поток испытанных ламп

Таблица 2- Измеренные и вычисленные данные

№ п / п	Марка лампы	U, В	I, А в установившемся режиме	P, Вт в установившемся режиме	E, лк в установившемся режиме	t, сек	Φ, лм	I <sub>кд</sub>	I, м	Световая отдача лм/Вт	Удельный световой поток лм/Вт*руб
1	Camelion 6500K	220	0,05	12,5	200	150	1127,6	89,78	0,67	90,21	0,617
2	Космос 6500K	220	0,07	15	185	90	1043,0	83,04	0,67	69,53	0,609
3	Navigator 6500K	220	0,062	13,75	200	120	1127,6	89,78	0,67	82	0,488
4	Camelion 2700K	220	0,07	15	220	70	1221,9	97,28	0,66	81,46	0,44
5	Космос 2700K	220	0,05	12,5	195	67	1132,5	90,16	0,68	90,6	0,702
6	Navigator 2700K	220	0,07	15	260	68	1422,4	113,25	0,66	94,83	0,521
7	Camelion 4200K	220	0,062	15	220	90	1221,9	97,28	0,66	81,46	0,484

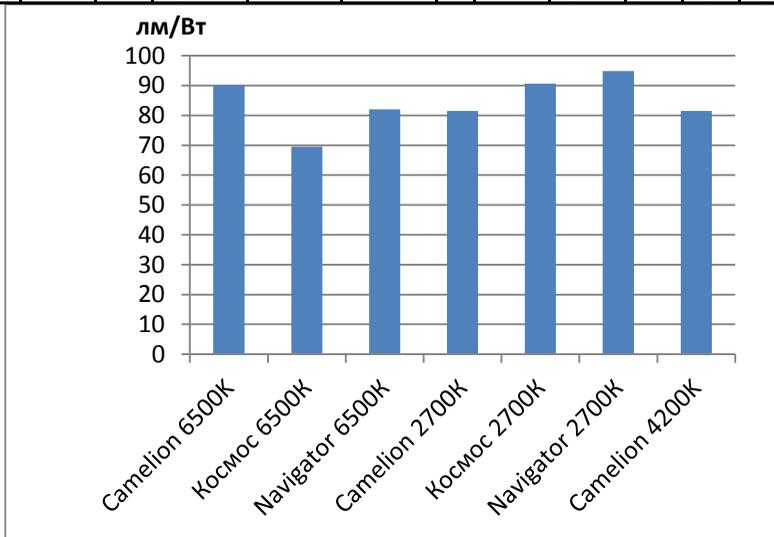


Рисунок 2 - Световая отдача испытанных ламп

Согласно полученных результатов измерений и расчетов видно, что у всех испытанных ламп значение светового потока больше, чем заявлено производителем ламп. Лампы Camelion 6500K (146 руб), Navigator 6500K (168 руб), Космос 2700K (129 руб) во время измерений потребляли электрической энергии меньше чем заявлено производителем. Согласно данным, приведенным в Таблице 2, наибольшее время разгорания имеет лампа Camelion 6500K, а быстрее всех разгорается лампа Космос 2700K.

**Выводы.** Согласно проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальной лампой по критерию «цена-качество», среди рассмотренных, является лампа Космос 2700K. Ее удельный световой поток, приведенный к стоимости лампы и ее мощности, является максимальным. Так же можно сказать, что цена на компактные люминесцентные лампы не является показателем качества ее заявленных светотехнических характеристик.

#### **Список использованных источников:**

1. snt-chkalovskoe.ru [Электронный ресурс]; Применение энергосберегающих ламп/ Режим доступа: <http://www.snt-chkalovskoe.ru/technics/esl.htm>;

2. russvet.ru [Электронный ресурс]; Режим доступа/ <https://imarket.russvet.ru>;

3. Марков В. В., Николаева Е. Е., Еракова О. В. Юность и знания - гарантия успеха. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции: "ИЗМЕНЕНИЕ СВОТТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП ПОСЛЕ ИХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ". ЗАО "Университетская книга": 2014. С. 242-246.

4. А.В. Виноградов, М.В. Бородин, А.Е. Семенов Учебно - методическое пособие для выполнения лабораторных работ по курсу "Светотехника и электротехнология", сост. - Орел: Изд-во ОрелГАУ: 2013.- 54с.

5. СП 52.13330.2011 "Естественное и искусственное освещение" М.: 2011.

*Бородин Максим Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры "Электроснабжение" ФГБОУ ВО "Орловский государственный аграрный университет", 89208014190, тел. (рабочий): 76-34-64. E-mail: [Maksimka-borodin@yandex.ru](mailto:Maksimka-borodin@yandex.ru);*

*Трусов Иван Николаевич, студент 4-го курса направления подготовки "Агроинженерия" ФГБОУ ВО "Орловский*

RESEARCH OF THE DECLARED LIGHTING  
CHARACTERISTICS OF COMPACT LUMINESCENT LAMPS WITH  
THE CHOICE OF THE OPTIMAL LAMP ACCORDING TO THE  
CRITERION PRICE - QUALITY

*Borodin M. V., Trusov I. N.*

*Orel State Agrarian University*

*Abstract. In the article the assessment of compliance to the declared lighting characteristics of energy saving lamps is made. The lamps of three producers: Camilion, Space, Navigator with rated power 15W were researched. Measurements of power consumption, illumination, current, the lightening time of the lamps are made and the light stream, luminous intensity, a specific light stream and light return are calculated. On the base of the performed measurements and calculations the energy saving lamp, optimal for customers, is chosen.*

*Borodin M.V., candidate of technical Sciences, senior lecturer in "Power", "Orel State Agrarian University", 89208014190, Tel.: 76-34-64.*

*E-mail: [Maksimka-borodin@yandex.ru](mailto:Maksimka-borodin@yandex.ru)*

*Trusov I.N., a student of the 4th course of the specialty "Agroengineering", "Orel State Agrarian University", E-mail: [trusovivan00@mail.ru](mailto:trusovivan00@mail.ru).*

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 10кВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Приступа А.Л., кандидат технических наук,  
Безручко В.М., кандидат технических наук,  
Тютюнник Ф.А., студент

Черниговский национальный технологический университет, ул.  
Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина

А.В. Гай, кандидат технических наук  
Национальный университет биоресурсов и природопользования  
Украины, ул. Героев Оборона, 15, Киев, 03041, Украина

*Аннотация. В работе представлены результаты анализа эффективности релейной защиты ЛЭП 10кВ. Показано, что уменьшение токов КЗ, в связи с значительными изменениями как топологии сетей 10кВ, так и параметров ЛЭП, со временем приводят к снижению эффективности релейной защиты в традиционном электромеханическом исполнении. Как средство повышения эффективности релейной защиты предложена замена электромеханических комплексов защиты микропроцессорными терминалами.*

*Ключевые слова: токовая отсечка, максимальная токовая защита, чувствительность, электромеханические реле.*

**Введение.** В процессе функционирования электроэнергетической системы (ЭЭС) могут возникать короткие замыкания, сопровождаемые увеличением токов через отдельные элементы системы. Без принятия специальных мер могут возникнуть режимы, способные повредить элементы ЭС и нарушить электроснабжение потребителей.

Под необходимыми мерами в этом случае следует понимать отключение КЗ, переключение потребителей на другие цепи питания, автоматические повторные включения ранее отключенных элементов и т.п. Так как все процессы, связанные с электрическим током скоротечны, необходимо использовать автоматические устройства, в качестве которых в электроэнергетике используются устройства релейной защиты и автоматики.

### **Анализ исследований.**

Согласно [1] для линий в сетях 10 кВ с изолированной

нейтралью (в том числе и с нейтралью, заземленной через дугогасительный реактор) должны быть предусмотрены устройства релейной защиты от многофазных замыканий и от однофазных замыканий на землю.

Защита от многофазных замыканий реализуется в двухфазном исполнении и включается в одни и те же фазы по всей сети данного напряжения для обеспечения отключения в большинстве случаев двойных замыканий на землю только одного места повреждения.

Защита выполняется одно-, двух- или трехрелейной в зависимости от требований чувствительности и надежности. [3]

На одиночных линиях с односторонним питанием от многофазных замыканий устанавливается, как правило, двухступенчатая токовая защита, первая ступень которой выполнена в виде токовой отсечки (ТО), а вторая — в виде максимальной токовой защиты (МТЗ) с независимой или зависимой характеристикой выдержки времени. [3]

На одиночных линиях с двусторонним питанием при наличии или отсутствии обходных связей, а также на линиях, входящих в кольцевую сеть с одной точкой питания, что становится все более актуальным с увеличением доли распределенной генерации для сетей 10кВ [2], рекомендуется применять те же защиты, что и на одиночных линиях с односторонним питанием, выполняя их при необходимости направленными.

Если ненаправленная или направленная токовая ступенчатая защита не обеспечивает требуемых быстродействия и селективности, допускается предусматривать следующие защиты [3]:

- 1) дистанционную защиту в простейшем исполнении;
- 2) поперечную дифференциальную токовую защиту (для двояных кабельных линий);
- 3) продольную дифференциальную токовую защиту для коротких участков линий; при необходимости прокладки специального кабеля только для продольной дифференциальной защиты длина его должна быть не более 3 км.

Защита от однофазных замыканий на землю должна быть выполнена в виде:

- 1) селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на сигнал;
- 2) селективной защиты (устанавливающей поврежденное направление), действующей на отключение, когда это необходимо по требованиям безопасности; защита должна быть установлена на питающих элементах во всей электрически связанной сети;
- 3) устройства контроля изоляции; при этом отыскание

поврежденного элемента должно осуществляться специальными устройствами; допускается отыскание поврежденного элемента поочередным отключением присоединений.

Традиционно для реализации токовых защит применяются электромеханические реле. Измерительным органом электромеханических комплектов, как правило, выступает индукционное реле типа РТ-80 или электромагнитное реле РТВ, которые обеспечивают зависимую защитную характеристику, либо электромагнитное реле типа РТ-40 или РТМ, которые обеспечивают независимую защитную характеристику МТЗ.

Применение защит с зависимой характеристикой предпочтительнее по сравнению с защитами с независимой характеристикой, так как они позволяют уменьшить время отключения повреждения, при этом сохраняя селективность работы с предыдущими комплектами защиты. Однако реализация защитной характеристики в электромеханических реле не в полной мере позволяет использовать это преимущество. Так в индукционных реле типа РТ-80 из-за "инерционного выбега" приходится увеличивать степень селективности до 0,7с, а у реле РТВ за счет большой погрешности и вовсе до 1с [4].

**Целью** является анализ эффективности релейной защиты ЛЭП 10 кВ в северных областях Украины с точки зрения обеспечения селективности, чувствительности и быстродействия.

**Объектом исследования** является комплекс релейной защиты и автоматики в существующих распределительных электрических сетях 10кВ.

**Задачей исследования** выступает анализ уставок релейной защиты ЛЭП 10кВ в северных областях Украины на предмет соответствия параметрам аварийных режимов.

#### **Изложение основного материала**

Электрические сети 10кВ северных областей Украины в основном были построены в 70-90-х годах XX ст. Они выполнены в воздушном исполнении. За многолетний срок эксплуатации провода ЛЭП подвергались как механическим, так и электрическим нагрузкам, что привело к значительному изменению их геометрических параметров (длины и сечения) и, как следствие, электрических характеристик (активного, в большей мере, и индуктивного сопротивления) [5, 6]. Кроме того из-за тяжелой экономической ситуации и ограниченного финансирования, техническое состояние электрических сетей 10кВ, особенно проходящих в сельской местности, значительно ухудшилось: не всегда вовремя происходит обрезка деревьев вдоль трасс ЛЭП, замена поврежденных опор, подтягивание провисших проводов и т.д. Все это значительно снизило

надежность систем электроснабжения в целом [7]. Это привело к тому, что число КЗ увеличивается и все больше работы появляется у систем релейной защиты, от эффективности работы которой в значительной мере будет зависеть недоотпуск электроэнергии потребителям, а с другой стороны значения токов КЗ уменьшаются, что снижает чувствительность защит и усложняет определение аварийного режима.

С другой стороны плотность нагрузок в электрических сетях 10кВ сельской местности падает, из-за миграции сельского населения в города. Появляются новые потребители в составе фермерских хозяйств, которые могут значительно повышать нагрузку ЛЭП. Нередко такие потребители имеют в своем составе источники распределенной генерации, использующими биогаз, полученный из отходов производства, энергию солнца и ветра. Графики нагрузок данных сетей очень неравномерны и немонотонны. Это приводит к тому, что к системе релейной защиты необходимо предъявлять повышенное внимание на предмет корректности ее работы в таких сетях.

Исходя из вышеизложенного было принято решение оценить эффективность релейной защиты ЛЭП 10кВ северных областей Украины.

Оценку эффективности защиты проведем на примере типовой ЛЭП, расчетная схема которой приведена на рисунке 1.

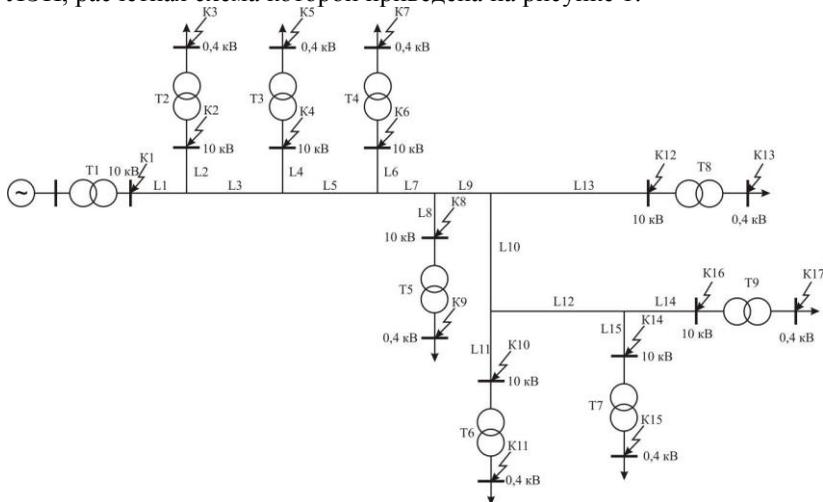


Рисунок 1 – Типовая расчетная схема сети 10 кВ

Для оценки эффективности релейной защиты рассчитаем коэффициент чувствительности  $k_{чув}$ , который показывает, насколько

ток в реле защиты при разных видах КЗ превышает ток срабатывания реле  $I_{с.р.}$ :

$$k_{ЧВБ} = \frac{I'_{К.З.МИН.}}{I_{с.р.}}, \quad (1)$$

где  $I'_{К.З.МИН.}$  – минимальный ток КЗ, приведенный к обмотке реле, А.

Чувствительность максимальной токовой защиты ЛЭП 10 кВ проверяют в основной зоне, по минимальному току короткого замыкания при повреждении в конце защищаемой линии, и в зоне резервирования, по минимальному току КЗ в конце смежного участка за трансформатором.

МТЗ линии электропередач напряжением 10 кВ, как правило, выполняют по схеме неполной звезды [4]. Следовательно минимальный ток междуфазного КЗ будет при двухфазном КЗ.

Упрощенно ток двухфазного КЗ можно определить по формуле:

$$I_{КЗ}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{К.З.}^{(3)}, \quad (2)$$

где  $I_{К.З.}^{(3)}$  – трехфазный ток КЗ, А.

Ток трехфазного КЗ определяется по формуле [4]:

$$I_{КЗ}^{(3)} = \frac{U_{ОСН}}{\sqrt{3} \cdot Z_{СУМ}}, \quad (3)$$

где  $U_{ОСН}$  – минимальное значение междуфазного напряжения, принимаемое для расчетов токов КЗ в сетях 10 кВ равным 10500 В;

$Z_{СУМ}$  – суммарное сопротивление до точки КЗ, Ом.

Минимальные значения коэффициента чувствительности МТЗ должны быть не менее 1,5 при КЗ в основной зоне защиты и не меньше 1,2 при КЗ в зонах дальнего резервирования [1].

Чувствительность отсечек проверяется по току короткого замыкания в месте установки защиты. Требуемый коэффициент чувствительности должен быть не ниже 1,2 (при использовании ТО в качестве резервной защиты) и не ниже 2 (при использовании ТО в качестве основной защиты).

Для представленной на рисунке 1 расчетной схемы результаты расчета тока КЗ точек К2 – К17 сведены в таблице 1. При этом значения токов КЗ в точках К3, К5, К7, К9, К11, К13, К15, К17 за трансформаторами 10/0,4 кВ приведены к напряжению 10кВ.

Таблица 1 - Результаты расчета токов КЗ

Точка КЗ	Значение $I_{КЗ}^{(3)}$ , А	Значение $I_{КЗ}^{(2)}$ , А	Точка КЗ	Значение $I_{КЗ}^{(3)}$ , А	Значение $I_{КЗ}^{(2)}$ , А
К2	1676,16	1449,88	К3	281,25	243,28
К4	1558,73	1348,30	К5	189,56	163,97
К6	1400,02	1211,02	К7	209,51	181,22
К8	1343,49	1162,12	К9	138,93	120,17
К10	1199,95	1037,96	К11	262,22	226,82
К12	1208,14	1045,04	К13	204,59	176,97
К14	1214,58	1050,61	К15	263,92	228,29
К16	1128,65	976,28	К17	181,16	156,70

Серым цветом выделены ячейки, в которых ток КЗ минимальный для основной и резервной зоны МТЗ. Следует обратить внимание на то, что для основной зоны действия МТЗ минимальное значение тока КЗ получено в наиболее удаленной точке ЛЭП 10кВ (К16), а в зоне резервирования - за наименее мощным трансформатором (К9).

Проверим чувствительность МТЗ в основной зоне.

Для данной ЛЭП, согласно действующим картам уставок релейной защиты, двухступенчатая токовая защита реализована на реле РТ-81/2 с уставкой МТЗ 3,5А, кратностью тока отсечки - 4, подключенному через трансформатор тока ТПЛ-10 с коэффициентом трансформации 200/5.

Так как схема соединения трансформаторов тока и обмоток реле для ТЗ линий 10 кВ – неполная звезда, то при определении коэффициента чувствительности при КЗ в основной зоне МТЗ можно пользоваться первичными значениями токов  $I_{КЗ.МН}$  и  $I_{С.З.}$ .

Приведем токи срабатывания релейной защиты к первичным значениям:

$$I_{С.З.} = \frac{k_I}{k_{СХ}} I_{С.Р.} \quad (4)$$

где  $k_{СХ}$  - коэффициент схемы, для схемы соединения трансформаторов тока и обмоток реле неполная звезда  $k_{СХ} = 1$  [4].

$$\text{для МТЗ } I_{С.З.} = \frac{200}{5} \cdot 3,5 = 140 \text{ А,}$$

$$\text{для ТО } I_{С.З.} = 140 \cdot 4 = 560 \text{ А.}$$

Рассчитаем коэффициент чувствительности МТЗ в основной зоне по формуле (1)

$$k_{\text{ЧВБ}} = \frac{976,28}{140} = 6,97 > 1,5$$

Чувствительность в основной зоне обеспечивается.

Проверим чувствительность МТЗ в резервной зоне.

$$k_{\text{ЧВБ}} = \frac{120,17}{140} = 0,86 < 1,2$$

Чувствительность в резервной зоне не обеспечивается.

Проверим чувствительность защит токовой отсечки.

$$k_{\text{ЧВБ}} = \frac{1710 \cdot \sqrt{3}}{560} = 2,64 > 1,2$$

Чувствительность ТО обеспечивается.

Аналогично проведем проверку чувствительности ТЗ для других ЛЭП 10 кВ в северных областях Украины, и результаты сведем в таблицу 2. Серым выделены линии 10 кВ, защита которых не удовлетворяет требованиям чувствительности.

Проанализировав полученные результаты, приведенные в таблице 2, можно сделать вывод:

- нечувствительных МТЗ в основной зоне – 4;
- нечувствительных МТЗ в резервной зоне – 39.

Увеличение чувствительности МТЗ может быть достигнуто несколькими способами, в том числе:

а) уменьшением тока срабатывания, путем использования новых цифровых реле со значениями коэффициента возврата пусковых органов  $k_{\text{В}}=0,98$ ;

б) путём снижения тока самозапуска с помощью предварительного отключения части электродвигателей (усложняет управление режимами электроустановок);

в) увеличением тока  $I_{\text{К.мин}}$  путем уменьшения длины защищаемой основной зоны с помощью установки автоматических секционирующих выключателей с МТЗ (повышает затраты в связи с установкой дорогих секционирующих коммутационных аппаратов со своим комплектом релейной защиты);

г) допущением неселективных срабатываний МТЗ линий при малых значениях тока при маловероятных КЗ внутри трансформаторов, подключенных к этой линии через плавкие предохранители типа ПКТ напряжением 6 или 10 кВ (ведет к снижению надежности и увеличению недоотпуска электроэнергии).

Таблица 2 - Результаты расчета чувствительности защит линий 10 кВ

Диспетчерское название отходящей ЛЭП 10 кВ	КЧУВ ТО	КЧУВ МТЗ осн.	КЧУВ МТЗ рез.
Л-63	2,64	6,29	0,53
Л-60	2,64	6,97	0,86
Л-61	2,6	7,18	0,31
Л-62	3,03	0,91	0,35
Л-13	-	5,99	1,74
Л-06	4,12	16,5	0,94
Л-71	2,74	4,82	1,16
Л-72	1,63	5,83	1,25
Л-70	2,93	6,94	2,76
Л-14	1,96	1,24	0,75
Л-15	1,96	4,75	0,29
Л-59	2,57	5,14	0,63
Л-55	-	6,76	1,23
Л-11	2,57	1,13	0,23
Л-49	-	3,85	0,56
Л-50	-	8,06	0,36
Л-54	7,44	13,5	4,88
Л-53	8,93	16,8	0,87
Л-87	2,38	3,73	1,23
Л-12	3,97	9,16	2,29
Л-88	2,38	3,5	1,2
Коммунар	4,17	15,6	1,44
Ж.Поселок	4,17	15,6	5,78
Ж.Поселок	6,51	24,1	6,53
Б.О.С.	4,17	15,5	5,77
Л-91	3,44	14,2	1,45
Л-03	5,3	22,2	1,89
Л-17	2,87	4,01	2,21
Л-07	3,44	14,2	1,26
Л-57	2,87	2,96	1,01
Л-04	4,59	18,9	1,36
Л-81	2,87	4,82	2,13
Л-90	3,44	14,2	1,53
Л-48	3,28	2,72	0,55
Л-05	3,06	12,3	1,51
Л-83	3,72	9,53	4,24
Л-84	3,72	18	1,47
Л-85	3,72	18	1,68
Л-86	3,72	12,3	1,1
Л-36	5,53	8,06	0,56
Л-37	7,37	3,43	0,39
Л-39	6,63	7,72	0,71
ГЭС	8,29	25	3,13
Л-38	6,63	5,27	0,68

Диспетчерское название отходящей ЛЭП 10 кВ	КЧУВ ТО	КЧУВ МТЗ осн.	КЧУВ МТЗ рез.
Л-89	3,97	16,2	1,48
Л-25	2,23	2,94	0,54
Л-27	3,83	3,61	0,8
Л-28	2,23	4,25	2,01
Л-30	2,23	2,76	1,28
Л-55	1,79	3,59	1,65
Л-30	2,23	5,45	1,59
Л-45	1,36	2,88	0,35
Л-46	4,07	11,2	1,09
Л-47	2,44	5,3	0,64
Л-41	1,6	2,69	1,12
Л-42	4,8	6,64	1,19
Л-43	2,25	2,46	0,18
Л-44	2,25	2,5	0,82
Л-58	2,55	2,78	1,41
Л-25	-	1,97	0,25
Л-18	-	2,35	1,46
Л-24	2,83	2,65	0,66
Л-22	1,89	4,51	1,04
Л-12	3,19	4,15	0,8
Л-23	2,43	9,96	1,35
Л-19	3,19	3,97	1,88
Л-56	-	4,44	1,02
Л-08	-	5,87	0,83
Л-09	-	1,2	0,96
Л-75	-	73,2	8,15
Л-68	7,61	7,37	1,8
Л-02	9,14	6,07	1,19
Л-66	7,61	21,2	3,24
Л-80	6,53	27,1	1,58
Л-01	5,82	17,4	4,41
Л-67	5,82	23,3	1,68
Л-20	1,74	3,82	0,52
Л-73	4,17	10,6	3,72
Л-16	1,74	2,51	0,49

На наш взгляд наиболее предпочтительным средством повышения эффективности релейной защиты ЛЭП 10кВ в данной ситуации является замена существующих электромеханических комплектов релейной защиты на микропроцессорные терминалы. Это позволит не только повысить чувствительность МТЗ на некоторых ЛЭП за счет меньшей погрешности реле (лучшему согласованию с защитными характеристиками предохранителей) и дискретности уставок, но и увеличить быстродействие МТЗ.

**Выводы.** В данной работе была проанализирована эффективность релейной защиты линий 10 кВ, выполненной в электромеханическом исполнении, в северных областях Украины. На основании анализа было определено, что чувствительность релейной защиты на 39 отходящих линиях 10 кВ неудовлетворительна. Как мера по повышению чувствительности было рекомендовано применение микропроцессорных комплексов релейной защиты.

#### **Список использованных источников:**

1. Правила влаштування електроустановок. – Харків: «Форт», 2009. – 770 с.

2. Тугай Ю. І. Інтеграція поновлювальних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів / Ю.І. Тугай, О.В. Гай, В.В. Козирський, В.М. Бодунов// Технічна електродинаміка.. – 2011. – №5. – С.63-67). - Режим доступу до сервера: <http://elibrary.ru/item.asp?id=16691504>.

3. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. – М: Высш. шк., 1985. - 375с.

4. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей: Монография. /М.А. Шабад. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 350 с.: ил.

5. INTEGRATED STATE MODEL OF THE POWER LINE WIRES / Galuga A., Prystupa A. // Ukraine – EU. Modern technology, business and law : collection of international scientific papers : in 2 parts. Part 2. Modern engineering. Sustainable development. Innovations in social work: philosophy, psychology, sociology. Current problems of legal science and practice. – Chernihiv : CNUT, 2015. – p.p. 20-23.

6. А.В.Галюга Комплексна модель стану проводу лінії електропередач / А.В.Галюга, А.Л. Приступа // Математичні машини і системи. - 2015. - № 4. - С.111-116

7. Козирський В.В. Методи та моделі розрахунку надійності систем електропостачання: монографія / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К.: Гнозіс, 2013. – 563 с.

Приступа Анатолий Леонидович, кандидат технических наук, доцент, Украина, Чернигов, Черниговский национальный

технологический университет, ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина

Безручко Вячеслав Михайлович, кандидат технических наук, Украина, Чернигов, Черниговский национальный технологический университет, ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина

Тютюнник Федор Александрович, магистр, Черниговский национальный технологический университет, ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина

Гай Александр Валентинович, кандидат технических наук, доцент, gaalx@ukr.net, Украина, Киев, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, Киев, 03041, Украина

## ANALYSIS OF THE RELAYING EFFECTIVENESS OF 10 KV DISTRIBUTION NETWORKS IN RURAL AREAS

Prystupa A. L. , Ph.D.

Bezruchko V.M.

Tiutiunnik F.O., student

Chernihiv National University of Technology, ul. Shevchenko, 95, Chernihiv, 14027, Ukraine

O.V.Gai , Ph.D.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, ul. Heroes of Defense, 15, Kiev, 03041, Ukraine

*Abstract. The paper proposed the results of effectiveness analysis of the relaying of 10 kV transmission lines. It has been shown that a decrease in short-circuit currents, due to the significant changes as a 10kV network topology and parameters of transmission lines eventually lead to a decrease in the efficiency of traditional electromechanical relaying. As a means to improve the efficiency of relaying it has been suggested to replace electromechanical systems by microprocessor protection terminals.*

*Keywords: overcurrent, overcurrent protection, sensitivity, electromechanical relay.*

Prystupa Anatoly, Ph.D., Associate Professor, Chernihiv National University of Technology, ul. Shevchenko, 95, Chernihiv, 14027, Ukraine.

Bezruchko Vyacheslav, Ph.D., Chernihiv National University of Technology, ul. Shevchenko, 95, Chernihiv, 14027, Ukraine.

Tiutiunnik Fedir, MPH, Chernihiv National University of Technology, ul. Shevchenko, 95, Chernihiv, 14027, Ukraine.

Gai Alexander V., Ph.D., Associate Professor, gaalx@ukr.net,  
Ukraine, Kiev National University of Life and Environmental Sciences of  
Ukraine, ul. Heroes of Defense, 15, Kiev, 03041, Ukraine.

**УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ  
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ  
ПЕСТИЦИДОВ, ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАТОРОВ И  
УДОБРЕНИЙ**

Лапин П.А., Елисеев Д.В., Копылов С.А.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С.  
Тургенева»

*Аннотация. Каждый год на Земле производится более миллиона тонн пестицидов. Активное использование пестицидов, химических мелиорантов и минеральных удобрений неблагоприятно влияют на условия труда, здоровье человека и экологическую обстановку. Необходимо применение системы мер снижающих негативное воздействие на человека и окружающую среду, в частности контроль продолжительности рабочего времени при работах с пестицидами, использование экологических методов защиты.*

*Ключевые слова: пестициды, загрязнение, отравление, нормирование, удобрения.*

**Введение.** Минеральные удобрения, пестициды, нефтепродукты, кормовые добавки, отходы и выбросы производств относятся к главным загрязнителям окружающей среды и почвы.

Можно выделить следующие виды загрязнений: физические, биологические и химические. Загрязнения определяется своим масштабом и классифицируется как местные (локальные), региональные и глобальные.

Каждый год на Земле производится более миллиона тонн пестицидов. В Российской Федерации используется около 95 индивидуальных пестицидов при их общем годовом объеме производства более 110,0 тыс. т. В нашей стране на одного жителя в год приходится около 1 кг пестицидов, но в большинстве развитых промышленных странах мира это число значительно больше. Производство пестицидов в мире постоянно увеличивается. Также растёт их разнообразие.

**Основная часть.** Главной особенностью агропромышленного производства является многообразие видов работ, связанных с применением пестицидов и минеральных удобрений: борьба с

сорняками, вредителями и болезнями растений, изготовление рабочих растворов, протравливание семян опыливание, опрыскивание, фумигация растений, почвы и помещений, приготовление и разбрасывание отравленных приманок, наложение клеевых колец, подкормки растений, внесение минеральных удобрений и кормовых добавок.

Возбудители и вредители заболеваний растений (насекомые, клещи, грызуны, нематоды, грибы, бактерии, вирусы, сорняки, растения-паразиты и т.д.) во всех странах мира причиняют большой ущерб сельскому хозяйству. Из общего числа сельскохозяйственных продуктов около 15...25% теряется вследствие различных болезней еще до сбора урожая. При уменьшении потерь вдвое человечество смогло бы дополнительно вырастить около 300 млн. т зерна в год, притом, что Россия в 2015 году, по прогнозу министра сельского хозяйства Александра Ткачёва, вырастила примерно 100 миллион тонн зерна.

На территории стран СНГ насчитывается огромное количество насекомых, возбудителей болезней и сорняков, треть из которых особенно вредоносны. Насекомые и клещи являются переносчиками заболеваний (свекловичная муха — заболевания сахарной свеклы, вирусная тля - картофеля). К сожалению, большая часть пестицидов и минеральных удобрений вредна для человека. Некоторые из них отличаются высокой летучестью и загрязняют воздух, другие легко воспламеняются или взрывоопасны, третьи очень стойкие химические вещества, способные сохраняться, мигрировать и накапливаться в организмах и внешней среде. Попадая в организм человека, они могут вызывать нарушение его нормальной жизнедеятельности и быть причиной острых и хронических интоксикаций [3].

Минеральные удобрения и пестициды в соответствии с ГОСТ 19433- 88 "Грузы опасные. Классификация и маркировка" относятся к опасным грузам и при сливо-наливных работах, транспортировке, применении или хранении могут оказаться причиной пожара, взрыва, повреждения складов или транспортных средств, зданий и сооружений, а также гибели или увечья людей и животных [7].

Степень летучести влияет на содержание парогазовой фазы токсичных веществ в воздухе рабочей зоны и определяет выбор средств защиты органов дыхания.

Работники, применяющие в процессе трудовой деятельности пестициды или минеральные удобрения, обязаны знать:

- 1) название и содержание выполняемых работ;
- 2) главные свойства пестицидов и минеральных удобрений;
- 3) приемы и способы безопасного выполнения операций по обработке семян и посевов

- 4) устройство машин, используемых для протравливания семян и внесения пестицидов и минеральных удобрений;
- 5) правила пользования средствами индивидуальной защиты;
- 6) назначение предохранительных приспособлений, обеспечивающих безопасность работы;
- 7) способы оказания первой помощи пострадавшим.

Активное использование пестицидов, химических мелиорантов и минеральных удобрений неблагоприятно влияют на условия труда, здоровье человека и экологическую обстановку. Применение высоких доз минеральных удобрений может вызвать у человека отравления и различные заболевания. Заболеваемость при работе с пестицидами в 2-4 раза превышает общий уровень заболеваемости в сельском хозяйстве. Чрезвычайно опасно для человека одновременное действие ядохимикатов и минеральных удобрений при внесении в почву удобрений и сева протравленных семян [1].

Применение минеральных удобрений и пестицидов требует соблюдения установленных мер безопасности при их использовании. Для безопасного обращения с ядохимикатами необходимо знать и строго выполнять безопасные меры при хранении, транспортировке, применении их в соответствии с ежегодно уточняемым Списком химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками и регуляторов роста растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве, Списком химических и биологических средств, разрешенных к применению авиацией при выполнении работ в сельском и лесном хозяйстве.

В сельском хозяйстве ядохимикаты применяются чаще всего в порошкообразном состоянии, реже в виде дустов, водных растворов и концентратов эмульсий. По способу воздействия на возбудителей болезней препараты делятся на системные и контактные. В пределах каждого класса все пестициды разделены на группы по токсичности и степени опасности для человека на основе гигиенической классификации.

Наибольший процент пострадавших приходится на процессы, связанные с подготовкой и посевом протравленных семян, около 30%. Далее, по убыванию опасных ситуаций следуют хранение пестицидов, приготовление рабочих растворов и химическая обработка растений.

Из минеральных удобрений отравления чаще вызывают азотные. 62,5% несчастных случаев произошло при работе именно с сильнодействующими азотными удобрениями и только 37,5% — со среднетоксичными. При работе с малотоксичными минеральными удобрениями отравлений не было зарегистрировано[4].

Из азотных и других типов минеральных удобрений в почву в

больших количествах мигрируют сульфаты, нитраты, хлориды и другие соединения.

В последнее время выявлен другой неблагоприятный аспект – это излишнее потребление минеральных удобрений. Оказалось, что их большое количество понижает содержание кислорода в почве, что в свою очередь, способствует повышенному выделению в окружающую среду парниковых газов. Нитраты опасны для человека поступлением их в организм человека, что приводит к неблагоприятному токсическому воздействию. Неумеренное потребление минеральных удобрений вызывает нежелательное подкисление почв.

Статистика несчастных случаев показывает, что большинство их напрямую связано с грубыми нарушениями санитарных правил и требований безопасности при работе с минеральными удобрениями и пестицидами – 55%, допуском к работе без средств индивидуальной защиты – 25% и с отсутствием инструктажей по охране труда – 20%.

Основную опасность для человека представляют ядохимикаты, используемые для защиты культурных растений от вредителей (инсектициды), болезней (фунгициды) и сорняков (гербициды).

Пестициды способны проникать в растения из загрязненной почвы через корневую систему, накапливаться в биомассе и впоследствии заражают пищевую цепь.

При распылении пестицидов наблюдается значительная интоксикация птиц, нанося значительный вред орнитофауны. Особенно страдают популяции певчих и перелетных дроздов, жаворонков и других воробьиных.

Отечественные исследователи доказали, что загрязнение почв пестицидами вызывает не только интоксикацию человека и большого количества животных, но и ведет к существенному нарушению их воспроизводящих функций.

Применение пестицидов вызывают глубокие изменения всей экологической системы, действуя подряд на все живые организмы, тогда как человек использует их для уничтожения строго определённого числа видов организмов. Вследствие этого наблюдается их интоксикация. А если человек к тому же использует значительно больше пестицидов, чем это необходимо, то проблема усугубляется.

Наибольший вред среди пестицидов представляют стойкие хлорорганические соединения (ДДТ и ГХЦГ), которые сохраняются в почвах в течение многих лет и даже малые их концентрации в результате накопления могут стать опасными для жизни организмов. Даже в малых концентрациях пестициды подавляют иммунную систему организма, а в более высоких обладают выраженными мутагенными и канцерогенными свойствами. К сожалению, вследствие чрезвычайно высокой эффективности применение их

продолжается и в настоящее время. Хотя наиболее опасный из них - ДДТ - в нашей стране и в ряде других стран запрещен [2].

Главная профилактическая мера - это отбор агрохимикатов. К ним относятся кормовые добавки, химические мелиоранты и удобрения, предназначенные для регулирования плодородия почвы, подкормки животных и питания растений. Они представляют минимальную опасность для человека и окружающей среды. К примеру, пестициды, вносимые в почву, разлагаются в результате сложных процессов. Часть продуктов разложения выделяется в воздух в газообразном состоянии. Установлено, что после обработки полей свеклы полихлорпипином (ПХП) и трихлорацетатом натрия (ТХАН) в органы дыхания выделяются хлористый водород и фосген.

На первом месте среди причин отравлении со смертельным исходом стоят инсектициды - 41%, затем пестициды - 40% (гибель обусловлена применением протравителей семян из группы ртутьсодержащих соединений), далее следуют фунгициды - 7%, гербициды - 10% и родентициды - 2%. Анализ данных по токсикологическому действию пестицидов показал, что 66% несчастных случаев возникает от применения сильнодействующих, высокотоксичных пестицидов, таких как ртутьсодержащие, хлорорганические, фосфорорганические, карбаминные, 31% - от среднетоксичных нитро- и хлорпроизводных фенола, карбоновых производных, производных хлоруксусной кислоты, углеводов, альдегидов и их составных и только 3% - от малотоксичных пестицидов.

Для снижения опасности работников агропромышленного комплекса и окружающей среды необходимо дальнейшее совершенствование безопасных способов применения ядохимикатов на основе их всестороннего изучения.

Оптимальными методами для защиты растений являются агротехнические, биологические, механические, селекционно-генетические и другие мероприятия. Однако без применения ядохимикатов в сельском хозяйстве, к сожалению, пока не обойтись. Поэтому необходимо знать технологические и санитарные нормы безопасной работы с ними, токсикологические свойства и соблюдать правила охраны труда [3].

Применение агрохимикатов связано с двумя главными опасностями. Первая состоит в том, что на работников постоянно воздействуют агрохимикаты малых уровней в течение всего рабочего дня. А вторая опасность заключается в том, что люди иногда могут сразу подвергнуться воздействию больших концентраций агрохимикатов, что может привести в некоторых случаях к острым

поражениям организма.

Острые отравления со смертельным исходом, встречающиеся в сельском хозяйстве, чаще всего связаны с грубыми нарушениями требований санитарных правил и инструкций по безопасному применению пестицидов и минеральных удобрений.

В отличие от острых отравлений со смертельным исходом профессиональные заболевания вследствие работы с пестицидами среди работников сельского хозяйства имеют значительный удельный вес - около 31%. Подсчитано, что каждый десятый, контактирующий с пестицидами, заболевает, но заболевание не диагностируется как причина их воздействия, потому что на смену тяжелым интоксикациям приходят слабо выраженные формы и неспецифические реакции.

Основным показателем загрязнения пестицидами производственной среды является агрегатное состояние действующего вещества в воздухе рабочей зоны. Примерно четвертая часть всех применяемых препаратов - летучие соединения, а остальные представляют опасность при аэрозольном и контактном загрязнении. В настоящее время концентрация пестицидов в воздухе рабочих зон при выполнении основных технологических операций зачастую превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) во много раз. Уровень загрязнения производственной среды при работах с пестицидами меняется в очень широких пределах — от 0,01 до 400 мг/м<sup>3</sup> и от 0,001 до 1 мг/дм<sup>3</sup> и зависит в основном от вида выполняемых работ. К сожалению, примерно 10% ядохимикатов работают против вредителей, а остальные 90% загрязняют окружающую среду [5].

Влияние пестицидов на здоровье населения в наше время многие ученые приравнивают к воздействию на человека радиоактивных веществ. Достоверно установлено, что при применении пестицидов одновременно с определённым увеличением урожайности отмечается и рост определённых видов вредителей, ухудшаются пищевые качества и хранение продукции, а также утрачивается естественное плодородие. Пестициды и минеральные удобрения в организм человека проникают во время производственных операций. Обычно это происходит через кожные покровы, органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и слизистые оболочки. По статистике 80...90 % всех отравлений является результатом ингаляции вредных веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны.

Пестициды вызывают нарушения всех системных групп и сообществ организма как на популяционном, так и индивидуальном уровне. Они обладают канцерогенным, мутагенным, тератогенным и другими крайне опасными для человека и животных свойствами. Чрезвычайную опасность представляют некоторые пестициды, способные вызвать отдаленные эффекты своего токсического действия

на организм через очень длительное время, поражая не только живущее, но и многие последующие поколения, так как нарушения способны передаваться по наследству [6].

Пестициды обычно накапливаются в органах с интенсивными биохимическими процессами - в печени, почках, эндокринных железах. Это касается как людей, так и животных.

Находясь в окружающей среде, множество пестицидов и минеральных удобрений подвергаются медленному распаду и неполной утилизации растениями, в некоторых случаях преобразуясь в другие токсичные продукты. Они могут мигрировать и накапливаются в отдельных биосистемах, в том числе в почве, воде, рыбе, злаках, плодах, мясе, молоке и другом. К сожалению, в настоящее время химическая промышленность выпускает минеральные удобрения, в которых содержится много вредных и ненужных примесей. Поэтому растения их утилизируют не полностью. Примерно 30...40 % внесенных удобрений усваивается растениями, а остальная масса остается балластом в почве.

Пестициды, занимавшие среди основных загрязнителей пятое-шестое место ещё десять лет назад, теперь выдвинулись на первое-второе. Поэтому в настоящее время остро стоит задача разработки мер, обеспечивающих уменьшение вредного действия ядохимикатов на окружающую среду.

У людей обычно ядохимикаты накапливаются в жировой ткани, даже если они не соприкасались с ними. Для ряда химикатов органами-мишенями являются печень и почки. Они наряду с другими неблагоприятными факторами антропогенного происхождения являются причинами роста числа заболеваний сердечно-сосудистой и кровяной систем, печени, аллергии, поражения глаз, злокачественных новообразований, нервно-психические расстройства и врожденных уродств. Хроническая интоксикация пестицидами нередко поражает почки. Под влиянием пестицидов обнаружены различные расстройства секреторно-моторной функции желудочно-кишечного тракта, нарушения функции поджелудочной железы. При этом происходит изменение состава и свойств микрофлоры кишечника. Печень благодаря своей сосудистой ткани принимает самое активное участие в обезвреживании токсичных веществ, что может привести к появлению новых антигенных качеств.

Интенсивное применение химических средств защиты растений и минеральных удобрений снижает самоочищающую способность почвы, скорость естественного распада и детоксикацию. Получается, что к моменту уборки они сохраняются в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые, как в почве, так и в культурах.

Это ухудшает условия труда, так как соприкосновение с почвой и пылью, загрязненной ядохимикатами, может привести не только к ухудшению самочувствия, но и отравлению работников [5].

Все работы, связанные с применением, транспортировкой и хранением минеральных удобрений и пестицидов, должны проводиться в соответствии с существующими регламентами по ГОСТ 12.3.041-86 "ССБТ. Применение пестицидов для защиты растений. Требования безопасности" и СанПиН 1.2.1077-01 "Гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов".

Не допускается хранение пестицидов, химических мелиорантов и удобрений без присмотра, под открытым небом, навесами или в сырых помещениях. Поступление их в атмосферный воздух, почву и воду не должно превышать соответствующие предельные гигиенические нормативы.

Работники, контактирующие с фосфорорганическими и карбаминовыми пестицидами, обязаны исследоваться на активность холинэстеразы крови (раз в неделю, но не реже одного раза в месяц). Лица, у которых выявили её снижение более чем на 25% по сравнению с исходным уровнем, лица, временно от работы отстраняются.

Лица, работающие с пестицидами, химическими мелиорантами и удобрениями должны иметь при себе необходимые средства индивидуальной защиты и обязаны одеты в специальную одежду (куртка, брюки).

**Выводы:** общая продолжительность рабочего времени при работах с пестицидами 1 и 2 классов опасности не должна превышать 4 ч с обязательной доработкой в течение 2 ч на работах, не связанных с химическими препаратами, а с остальными пестицидами - 6 ч.

Не допускается использование в сельскохозяйственном производстве пестицидов и минеральных удобрений, не разрешенных к применению или запрещенных.

Применять пестициды могут только те учреждения и предприятия, которые имеют разрешение, согласованное с санитарно-эпидемиологической службой.

Для предотвращения загрязнения почв пестицидами используют экологические методы защиты растений (биологические, агротехнические и др.). В основе биологической защиты лежит разведение и выпуск насекомых-хищников: божьей коровки, жужелицы, муравьев и других.

#### **Список использованных источников:**

1. Лапин А.П., Ратников В.А., Тюриков Б.М. Рекомендации по применению средств индивидуальной защиты от действия

пестицидов.- Орёл: ВНИИОТ, 1997. - 28 с.

2. Приказ Минсельхоза РФ от 20.06.2003 N 899 «Об утверждении Правил по охране труда для работников АПК при использовании пестицидов и агрохимикатов».

3. Правила по охране труда работников агропромышленного комплекса при использовании пестицидов и агрохимикатов ПОТ РО 018-2003

4. Лапин А.П. Охрана труда. Теория и практика безопасного использования формальдегида в агропромышленном производстве.- Орёл: 1997.-Т.1 и Т.2.

5. Федоров Л.А. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку//Л.А. Федоров, А.В. Яблоков. – М.: Наука, 1999 – 462 с.

6. Лапин А.П. Охрана труда в сельскохозяйственном производстве - Учебное пособие. Орёл, ВНИИОТ, 2006 – 352 с.

7. ГОСТ 19433- 88 "Грузы опасные. Классификация и маркировка".

*Лапин Павел Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, Елисеев Дмитрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент, Копылов Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, pal9@yandex.ru, dv.eliseev@mail.ru, sa.kopulov@mail.ru, Россия, Орёл, ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»*

## THE IMPROVEMENT OF WORKING CONDITIONS OF AGRICULTURAL WORKERS WHEN APPLYING PESTICIDES, CHEMICAL AMELIORATORS AND FERTILIZER

Lapin P.A., Eliseev D.V., Kopulov S.A.

*Abstract. Each year over a million of tons of pesticides is produced on the Earth. The main feature of agricultural production is the variety of activities associated with the use of pesticides and fertilizers. The active use of pesticides, chemical ameliorators and fertilizers adversely affect labour conditions, human health and the environment. It is necessary to use the system of measures for reducing the negative impact on a human and the environment.*

*Keywords: pesticides, pollution, poisoning, regulation, fertilizers.*

Lapin P.A., candidate of technical Sciences, associate Professor, Eliseev D.V., candidate of technical Sciences, associate Professor, Kopulov S.A., candidate of technical Sciences, associate Professor, pal9@yandex.ru,

dv.eliseev@mail.ru, sa.kopulov@mail.ru, Russia, Orel, Orel state  
University. I. S. Turgenev

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА  
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СРЕДЫ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ  
КОЛЛЕКТОРОВ**

Г.Я.Дрозд, М.Ю. Хвортова

ГОУ ВПО «Луганский университет имени Владимира Даля».  
Институт строительства, архитектуры и ЖКХ

*Аннотация. Приведена методика определения качества эксплуатационной среды канализационных коллекторов, позволяющая оценивать степень агрессивности сероводородной среды к бетону и принимать решения по его защите, а также характеризовать загазованность трубопроводов и прогнозировать их долговечность еще на стадии проектирования.*

*Ключевые слова: степень агрессивности среды, сероводород, канализационный коллектор, бетон, коррозия, прогнозирование.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Долговечность и безопасность канализационных коллекторов зависит от химического состава стоков и конструктивных особенностей сооружения. Эти два фактора или их сочетание определяют свойства эксплуатационной среды коллекторов.

В напорных коллекторах эксплуатационной средой является сточная жидкость, в самотечных – сточная жидкость и воздушно-газовая атмосфера подсводового пространства трубопроводов.

Сточные воды, несмотря на сложный химический состав (минеральные, органические вещества и сопутствующие им микроорганизмы) по своим коррозионным свойствам (жесткости воды, величине рН и содержанию сульфатов – основным показателям, ответственным за I, II и III коррозии) не являются агрессивными к материалу труб [1]. Поэтому напорные трубопроводы не подвержены коррозионному воздействию.

Наличие в самотечных коллекторах двух фаз – жидкости и воздушно-газовой среды предопределяет их потенциальную аварийность, вызванную коррозионным разрушением труб и санитарно-экологическую опасность в виде канальных газов (сероводорода, углекислого газа, меркаптана, аммиака и пр.) [2]. Именно наличие последних в подсводовом пространстве

трубопроводов и колодцах обуславливает разрушение участков канализационной сети, осложняет работу эксплуатирующего персонала и приводит к загрязнению атмосферы городов токсичными газами через неплотности люков, вытяжки и вентиляционные стояки.

Опыт эксплуатации канализационных сетей свидетельствует о прямой связи между загазованностью коллектора и его долговечностью. При высокой загазованности коллекторов срок их эксплуатации исчисляется годами, при отсутствии газов, эксплуатация осуществляется многие десятилетия.

Из “букета” канальных газов наибольшую коррозионную (см. табл. 1) и токсическую угрозу  $\left[ ПДК_{H_2S} = 0,08 \frac{мг}{м^3} \right]$  представляет сероводород [3-6].

Сероводород – продукт жизнедеятельности анаэробных сульфатредуцирующих бактерий, развивающихся в бескислородных условиях коллекторов (напорные трубопроводы, иловые отложения лотковой части труб), накапливается в сточной жидкости в зависимости от рН в виде сульфидов и, собственно, сероводорода [2, 3, 6]. При разделе фаз в самотечном трубопроводе из воды в воздушное подсводовое пространство выделяется газообразный сероводород, где под действием тионовых бактерий окисляется в серную кислоту, разрушающую материал труб [5].

**Таблица 1** - Сопоставление агрессивности растворов серной кислоты и сероводородной газовой среды к бетону

Сернокислотная коррозия				Сероводородная коррозия	Степень агрессивности газовой фазы
Концентрация H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	рН раствора	Скорость коррозии бетона		Концентрация H <sub>2</sub> S, мг/м <sup>3</sup> (газовая фаза)	
		мм/год	См, за 50 лет		
1Н*	0,16	40,0	200	500	Сильная
0,1Н	1	10,0	50	135	
0,01Н	2	2,5	12,5	35	
0,001Н	3	0,6	3,0	8	Средняя
0,0001Н	4	0,3	1,5	4	
0,00001Н	5	0,08	0,4	2	Слабая
0.00001Н	6	0,05	0,25	1	

**Примечание:** Н\* - нормальность раствора серной кислоты.

### Анализ исследований и публикаций.

Для прогнозирования скорости образования сульфидов (S) в напорном трубопроводе в свое время была предложена зависимость [3]:

$$\frac{dS}{dt} = 0,057 \cdot 10^{-3} \cdot ХПК \cdot (1,07)^{T-20} \cdot D^{-1} (1 + 0,037D) \quad (1)$$

Общее количество сульфидов в конечной точке напорного трубопровода ( $S_2$ ) предлагалось вычислять по эмпирической формуле:

$$S_2 = 0,01312 \cdot t \cdot БПК \cdot (1,07)^{T-20} \cdot (12D + 0,12) + S_1, \quad (2)$$

где  $T$  – температура сточной жидкости, °С;

$D$  – диаметр трубы, дюймы;

$S_1$  – количество сульфидов в начальной точке напорного трубопровода, мг/л;

$t$  – время пребывания стоков в напорном трубопроводе, час.

Эти зависимости справедливы в случае, если ХПК (химическое потребление кислорода) в 2-3 раза превышает БПК (биологическое потребление кислорода).

В самотечном коллекторе прогнозировать рост сульфидов гораздо труднее, так как находящаяся в нем сточная вода частично сообщается с атмосферой. R. Romero [7], считая что количество растворенного кислорода в воде находится в диапазоне <0,5 мг/л, при котором могут образовываться сульфиды, предложил уравнение для самотечных трубопроводов:

$$\frac{dS}{dt} = 0,32 - 10^{-3} \cdot БПК \cdot 1,07^{T-20} - 0,64(i \cdot v)^{\frac{3}{8}} \cdot (i)^{d_m^{-1}}, \quad (3)$$

где  $v$  - скорость потока воды, м/с;

$d_m$  – гидравлическая глубина, м;

$i$  - уклон.

Эмпирические формулы (1 - 3) позволяют удовлетворительно оценивать содержание сульфидов в сточной воде. Однако в соответствии с ДСТУ [1] наличие в воде сульфидов и сероводорода не отражается на агрессивности сточной воды. Агрессивностью обладает газообразный сероводород (источник для окисления в серную кислоту), диффузия которого из воды должна подчиняться закону Генри [5]. Однако самотечные коллекторы являются открытой системой, где одновременное движение двух фазовых потоков – воды и воздушно-газовой смеси с различными мгновенными скоростями,

особенно при наличии различных местных сопротивлений (перепады, повороты), делают сомнительным применимость данного закона.

### Постановка задачи.

В настоящее время проблематичность определения сульфидов в водном потоке и выделяющегося из него сероводорода выдвигают необходимость разработки упрощенной и более точной методики оценки агрессивности и токсичности эксплуатационной среды коллекторов. Для этого необходимо учитывать максимальное количество факторов, влияющих как на биологическое образование сульфидов (рН, температура, количество сульфатов и органики, окислительно-восстановительный потенциал), так и гидравлические параметры потока - скорость и турбулентность, определяющие интенсивность его дегазации.

### Изложение материала и его результаты.

Исходя из представлений о биологическом факторе формирования агрессивной среды в коллекторах, были проведены экспериментальные исследования образования сероводорода сульфатредуцирующими бактериями на среде Постгейта «В» [6] в зависимости от различных факторов анаэробной среды [8]. Полученные зависимости представлены на рис. 1 и явились основой для получения эмпирических формул (4 - 6), адаптированных к реальным условиям.

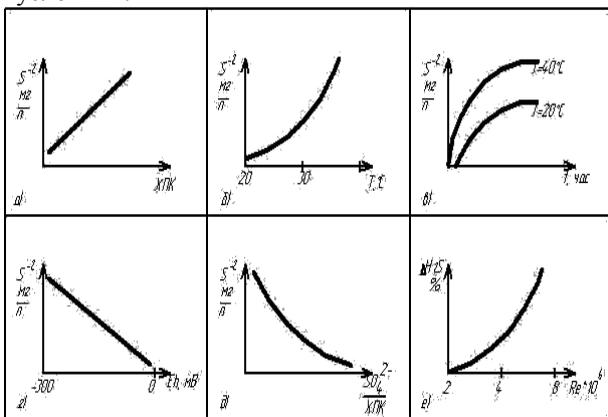


Рисунок 1 - Результаты микробиологических исследований

а) зависимость образования сульфидов и сероводорода в жидкости от ХПК; б) зависимость образования сульфидов на среде Постгейта « В » сульфатредуцирующими бактериями от температуры (Т); в) зависимость биогенного образования сульфидов от температуры во времени; г) зависимость образования сульфидов от окислительно-восстановительного потенциала среды (Eh); д) зависимость биогенного

образования сульфидов от соотношения  $SO_4^{2-}/XPK$ ; е) зависимость потерь сероводорода водой ( $\Delta H_2S$ ) от турбулентности потока ( $Re$ )

При натурных исследованиях образование сероводорода в сточной воде в анаэробных условиях канализационных сетей описывается зависимостью (4) с достоверностью  $\gamma = 0,74$ :

$$[H_2S] = 0,0142 \cdot T^{1,744} \cdot t^{(2,878T^{-0,464})} \cdot \left( \frac{SO_4^{2-}}{XPK} \right)^{-0,72}, \quad (4)$$

где  $[H_2S]$  - концентрация сероводорода в воде, мг/л;

$T$  - температура,  $^{\circ}C$ ;

$t$  - время пребывания в анаэробных условиях, час;

$SO_4^{2-}$  - концентрация сульфатов в воде, мг/л;

$XPK$  - химическое потребление кислорода,  $mgO_2/l$ .

Экспериментальные исследования стадии дегазации сероводорода из воды выполнены на действующих коллекторах. Концентрация сероводорода в атмосфере трубопроводов при условии постоянной турбулентности потока жидкости с достоверностью  $\gamma = 0,7$  может быть определена по эмпирической формуле (5):

$$H_2S_{нов} = 7 \cdot T^{0,034} [H_2S]^{(0,33T^{0,357})}, \quad (5)$$

где  $H_2S_{нов}$  - концентрация сероводорода в воздухе трубопровода,  $mg/m^3$ ;

$T$  - температура,  $^{\circ}C$ ;

$[H_2S]$  - концентрация сероводорода в воде, мг/л.

При изменении турбулентности потока сточной жидкости по длине трубопровода ( $Re_2 > Re_1$ ) зависимость (5) с достоверностью  $\gamma = 0,79$  приобретает вид (6):

$$H_2S_{нов} = 7 \cdot T^{0,034} [H_2S] \times \left[ 1 + 0,0064 (Re \cdot 10^{-6})^{3,524} \right]^{1,33T^{0,357}}, \quad (6)$$

Рисунок 2 иллюстрирует связь между конструктивными особенностями коллектора (наличие перепадных колодцев), увеличением турбулентности потока (дополнительный выброс в подсводовое пространство газа) и коррозионным разрушением участков сооружения.

Средняя скорость коррозии бетона труб повышенной плотности под действием сероводородной среды ( $\gamma = 0,79$ ) может быть определена по формуле (7):

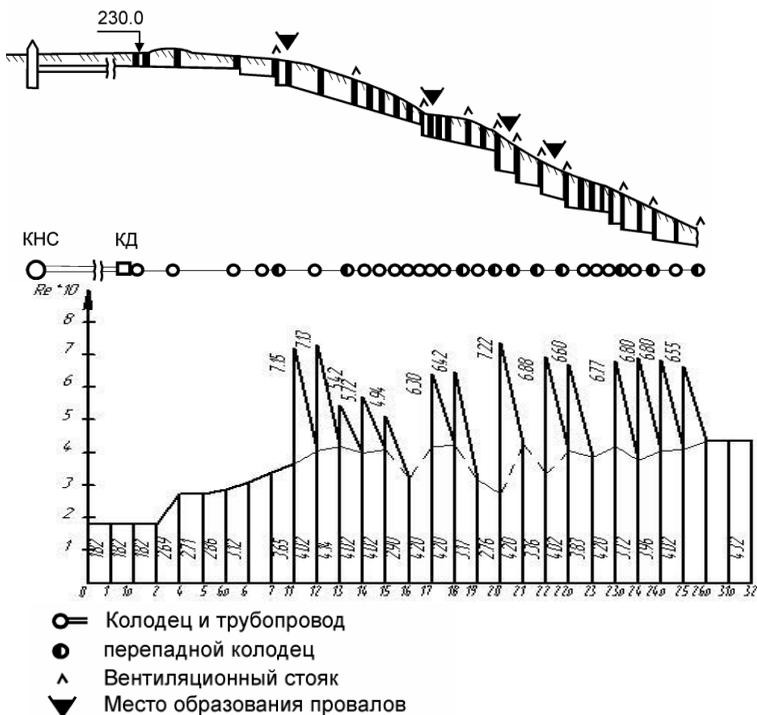


Рисунок 2 - Разрушение канализационного коллектора агрессивной эксплуатационной газовой средой, обусловленной конструктивными особенностями сооружения

$$v_{к.б} = 0,073 \cdot H_2S_{нов} + 0,136, \quad (7)$$

где  $v_{к.б}$ . - скорость коррозии бетона, мм/год;

$H_2S_{нов}$  - концентрация сероводорода в атмосфере трубопровода, мг/м<sup>3</sup>.

Для бетона нормальной плотности (более пористого, чем особо плотный бетон) скорость коррозии, определенная по вышеприведенной формуле увеличивается примерно на 30 %.

Многочисленные данные обследований аварийных коллекторов свидетельствуют, что наиболее вероятными местами разрушений трубопроводов являются:

- участки сооружения после анаэробных зон (после напорных трубопроводов, в местах изменения продольного уклона с меньшего на больший);

- после перепадных колодцев, резких изменений продольных уклонов, изменения направления трассы в плане, в местах подключения к коллектору трубопроводов с более высокой температурой или более низким значением рН воды, чем в основном потоке.

Потенциальная аварийность указанных участков объясняется приведенными выше рассуждениями о формировании агрессивной эксплуатационной среды.

Приведенная методика прогнозирования агрессивности среды открывает широкие практические возможности ее использования:

- на стадии проектирования сооружения прогнозная оценка степени агрессивности среды позволяет осуществлять антикоррозионные мероприятия в виде первичной или вторичной защиты трубопроводов на потенциально опасных участках;

- на этапе эксплуатации сооружения позволяет оценить степень его загазованности;

- при проектировании и эксплуатации коллектора при комплексном использовании данных о качестве газовой среды, параметрах труб и скорости коррозии дает возможность с достаточно высокой степенью вероятности оценить долговечность всего сооружения или отдельных его участков.

### **Выводы.**

1. Впервые разработана и предложена методика прогнозирования качества эксплуатационной среды канализационных коллекторов, позволяющая с достаточно высокой достоверностью (70 – 80 %) оценивать степень агрессивности сероводородной среды к бетону и принимать решения по его антикоррозионной защите, характеризовать загазованность трубопроводов и прогнозировать их долговечность.

2. Методика, в виду отсутствия аналогов, может быть полезна для специалистов, работающих в области проектирования, строительства и эксплуатации канализационных сетей.

### **Список использованных источников:**

1. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384:2008, NEQ). - Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 52 с.

2. Дрозд Г.Я. Коррозионное разрушение бетонных канализационных коллекторов /Г.Я.Дрозд // Водопостачання та водовідведення, 2012, №1. – с. 30-34.

3. Klose N. Biogene Schwefelsaurekorrosion / Norbert Klose // Abwassertechnik. – 1985. – Bd. 36. - №1. – s. 13-24.

4. Biochemika koros betonu ve stokach: V konferencia "Ochrana stavebneto diela pred korosion". – Bratislava, 1986, s. 11-76.

5. Читаишвили Т. Тионовые бактерии как фактор коррозии бетонных сооружений, омываемых сероводородными минерализованными водами / Т. Читаишвили // Иванов Ф.М., Горшин С.Н. Биоповреждения в строительстве. М: Стройиздат, 1984. – с. 193-199.

6. Микробная коррозия и ее возбудители: учеб. пособ. / Е.И. Андreyuk, В.И. Билай, Э.З. Коваль, И.А. Козлова; Наукова думка. - Киев: б.и. , 1980. – 287 стр.

7. Pomeroy R.D. The forecasting of sulfide Buildup rates in sewers / R.D. Pomeroy, I.D. Parkhurst // Progr. wat. Techn., 1977, №9. – s. 53-63.

8. Приближенная оценка агрессивности сточных вод с точки зрения развития биогенной коррозии бетона самотечных канализационных коллекторов: сб. науч. тр. / М – во высш. обр. Украины.- Киев: УМК ВО, 1992. – 263 с.

Дрозд Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор, drozd.g@mail.ru, Луганская Народная Республика, Луганск, Луганский университет имени Владимира Даля.

Хвортova Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, Khvortova1995@mail.ru, Луганская Народная Республика, Луганск, Луганский университет имени Владимира Даля.

#### METHODOLOGY OF QUALITY DETERMINATION OF OPERATIONAL ENVIRONMENT OF SEWAGE COLLECTORS

Droz d G., Khvortova M.

*Abstract. The proposed methods of quality determination of operational environment of sewage collectors allow to estimate the degree of aggressiveness of sulphurated hydrogen environment to the concrete, to make decisions on its protection, to characterize gas contamination of pipelines and forecast their longevity yet on the stage of planning.*

*Keywords: degree of environment aggressiveness, sulphurated hydrogen, sewage collector, concrete, corrosion, forecasting.*

Droz d Gennadij Jakovlevich, doctor of technical Sciences, Professor, drozd.g@mail.ru, Luhansk People's Republic , Luhansk, Luhansk university of the name Vladimira Dalya

Khvortova Marina Jurievna, candidate of technical Sciences, associate Professor, Khvortova1995@mail.ru, Luhansk People's Republic , Luhansk, Luhansk university of the name Vladimira Dalya.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

---

УДК 62-229.4-714:621.375.826:678.7

### **СТОЙКА – РАДИАТОР ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА НА КРАСИТЕЛЯХ**

Деулин Б.И., Филиппов В. В.

БОУ ОО СПО «Орловский технологический техникум»  
ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»

*Аннотация. Перестраиваемые лазеры на красителях нашли широкое применение в самых различных отраслях науки и техники, поэтому проблеме улучшения их характеристик посвящено множество работ. В настоящей статье представлена стойка-радиатор для охлаждения активных лазерных элементов твердотельных лазеров на органических красителях.*

*Ключевые слова: лазерный элемент, органические красители, накачка, радиатор, стойка, лазер.*

Перестраиваемые лазеры в спектроскопии получили широкое распространение т.к. расширяют возможности различных методов контроля веществ и материалов. Особое значение занимают лазеры на органических красителях. Широкий набор красителей, выпускаемых промышленностью, позволяет охватить всю видимую область длин волн от ближней инфракрасной до ближнего ультрафиолета, рис.1. Наиболее важные характеристики распространенных красителей приведены в таблице1.



Рисунок 1 - Органические лазерные красители

Таблица 1 - Основные характеристики лазерных красителей.

Краситель	Центр линии люминесценции нм	Рабочая область лазера нм	Область накачки нм	Приемлемая концентрация $10^{-3}$ моль/л
Карбостирил 165	445	419-485	350-365	2,5
Кумарин 2	450	435-485	340-365	3
Кумарин 1	470	450-495	350-365	3
Кумарин 102	495	470-515	400-420	1
Кумарин 30	515	495-545	400-420	1
Кумарин 7	535	505-565	400-420	5
Кумарин 6	538	521-551	458-514	12,5
Флюоресцин	552	538-573	458-514	2,7
Родамин 110 (R110)	570	540-600	458-514	12,5
Родамин 6Ж (R6G)	590	570-650	458-514	2
Родамин Б (RB)	630	601-675	458-514	2
R110/(RB)	645	620-690	458-514	1,5R1011,5R6G
Крезил-виолет R6G	695	675-708	458-514	2,4
Нильский голубой	750	710-790	647-672	1
Оксазин 1(4)	750	695-801	647-672	0,6
DEOTC - P(4)	795	765-875	647-672	0,6
НITC - P(4)	775	840-940	647-672	0,74

Первоначально использовались лазеры на жидких растворах органических красителей (рисунок2). В качестве растворителя в них использовался этиловый спирт. Однако, лазерам на жидких растворах органических красителей присущи некоторые эксплуатационные недостатки, связанные с необходимостью прокачки красителя и возможностью испарения растворителя. Испарение растворителя может привести к взрыву, что особенно опасно в закрытых помещениях. Поэтому был проведен ряд исследований по внедрению органических красителей в твердотельные матрицы. Красители внедрялись в различные среды: в полиметилметакрилат, эпоксиполимеры, пористые стекла и т.д.

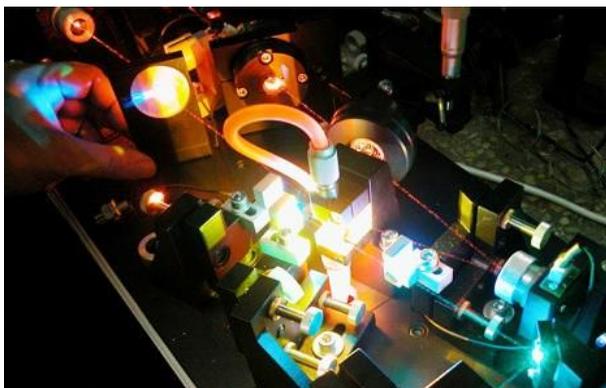


Рисунок 2 - Перестраиваемый лазер на жидких растворах органических красителей

В 80-х годах XX века отечественная промышленность освоила выпуск твердотельного лазера на красителях ЛКИ–301 с матрицей из полиметилметакрилата, оптическая схема которого приведена на рис.3.[1]. Матрицы из полиметилметакрилата обладают рядом недостатков: у них низкая теплопроводность; недостаточно высокое значение твердости, что затрудняет механическую обработку; они сильно поглощают излучение в ближней УФ – области, что вызывает определенные трудности при накачке от азотного лазера и ксеноновых ламп; у них низкая фотостойкость и ресурс; невысокая теплостойкость, что вызывает необходимость сканирования при накачке пучком света по поверхности лазерного элемента [2,3]. Такой способ накачки из-за возможности неравномерного распределения красителя в матрице приводит к нестабильности излучения лазера. Для обеспечения большей стабильности излучения лазера, накачка должна производиться «в одну точку».

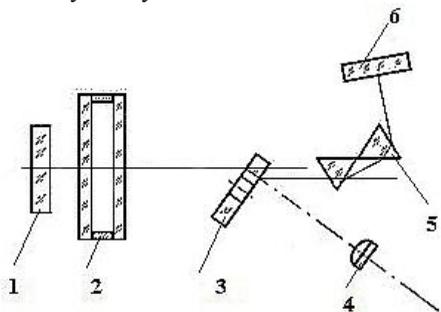


Рисунок 3. Оптическая схема твердотельного лазера на красителях ЛКИ-301: 1 – зеркало оптического резонатора; 2 –

интерферометр; 3 – активный лазерный элемент; 4 – линза; 5 – призма; 6 – 6 выходное зеркало оптического резонатора.

Эпоксиполимеры относятся к реактопластам, поэтому матрицы, на их основе, обладают лучшей теплостойкостью по сравнению с полиметилметакрилатом, что расширяет интервал рабочих температур; большей теплопроводностью; большей твердостью. Эти свойства эпоксиполимеров позволили отказаться от сканирования лазерного элемента и проводить накачку «в одну точку» [2,3].

Для увеличения теплопроводности и твердости матриц органические красители внедрялись в пористые стекла [4].

Лазерные элементы на основе эпоксиполимеров выполняются различной формы, например, в виде дисков, рис.4.

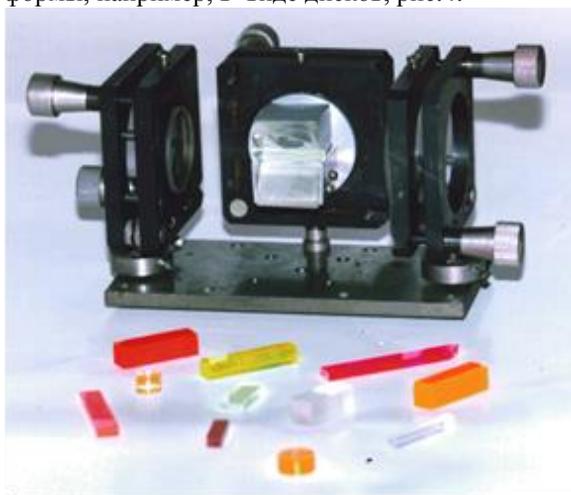


Рисунок 4 -Твердотельный лазер на красителях с лазерными элементами

В работах [1,2,4] было показано, что интенсивность люминесценции красителей зависит от температуры. С ростом температуры она уменьшается, рис. 5. Поэтому, для увеличения КПД лазера и увеличения ресурса активного лазерного элемента целесообразно применять меры по его охлаждению.

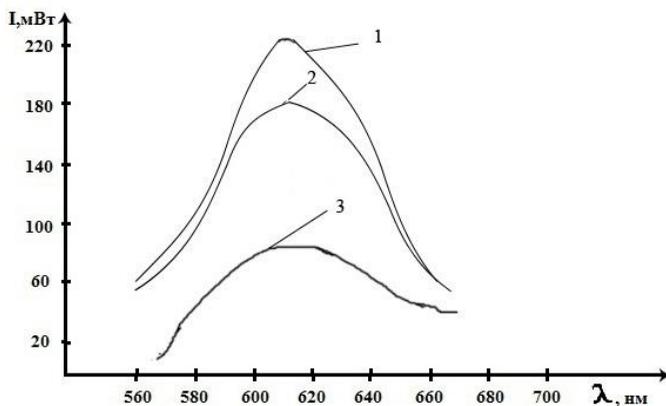


Рисунок 5 - Спектры люминесценции красителя родамина С в эпоксиолигомере ЭД-24 при разных температурах: 1 – при 39 °С; 2 – при 57 °С; 3 – при 115 °С

В работах [1,5] были представлены различные конструкции радиаторов для твердотельных лазерных элементов, выполненных в виде дисков. Общим недостатком этих конструкций является то, что они предназначены только для одного лазерного элемента. Поэтому, при смене диапазона работы лазера необходимо менять активный элемент, на что требуются определенные временные затраты.

В настоящей статье предлагается стойка-радиатор, предназначенная сразу для нескольких активных лазерных элементов, выполненных в виде дисков, которая позволяет перестраивать диапазон длин волн работы лазера путем их переключения. Данное устройство представлено на рис. 6. Оно состоит из стойки 1, выполненной из теплопроводящего материала. В стойке 1 укреплена втулка 5, выполняющая роль подшипника скольжения. Ее целесообразно изготовить из бронзы, которая обладает низким коэффициентом трения и высокой теплопроводностью, таблица 2, взятая из [1,6]. На стойке 1 посредством оси 6 размещены зубчатое колесо 3 и барабан 9. Зубчатое колесо 3 крепится на оси 6 с помощью винта 4. Для избегания трения и износа стойки 1 и барабана 9 между ними находится шайба 7 из бронзы. Барабан 9 так же крепится на стойке с помощью винта 8. Барабан 9 выполнен из материала с высокой теплопроводностью, например из бескислородной меди марки М006, которая имеет высокую теплопроводность и сопротивлению разрыву близкое к стали марки Ст 3, одновременно медный лист обладает необходимой пластичностью для штамповки [6]. В барабане 9 размещаются активные лазерные элементы 10 из эпоксиполимеров или

пористых стекол, активированных органическими красителями в виде дисков. На данном рисунке их три. Они фиксируются в барабане 9 с помощью мембранной крышки 11 и винтов 2. Мембранная крышка 11 должна обладать высокой теплопроводностью и упругими свойствами. Поэтому и ее целесообразно выполнить из бескислородной меди марки М006. Внутренний диаметр отверстий в барабане 9 выбирается на 0.1-0.2 мм больше чем диаметр активных лазерных элементов 10. Барабан 9 и мембранная крышка 11 имеют так же отверстия для попадания на активные лазерные элементы 10 излучения накачки и выхода излучения люминесценции.

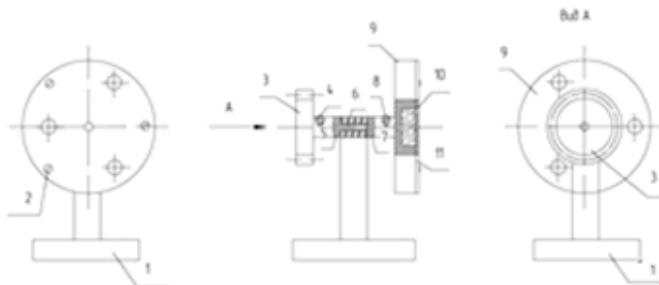


Рисунок 6 - Стойка-радиатор для твердотельного лазера на красителях: 1 – стойка; 2 – винт; 3 – зубчатое колесо; 4 – винт; 5 – втулка; 6 – ось; 7 – шайба; 8 – винт; 9 – барабан; 10 – активный лазерный элемент; 11 – крышка-мембрана.

Таблица 2 - Теплопроводность некоторых металлов

Теплопроводность $\lambda$ Вт·К <sup>-1</sup> ·м <sup>-1</sup> при температуре 300 К				
Алюминий	Бронза	Железо	Латунь	Медь
237	105	80	110	401

Излучение накачки падает на активный лазерный элемент 10 в результате чего краситель люминесцирует, а сам активный лазерный элемент нагревается. Барабан 9 и мембранная крышка 11 проводят тепло от активного лазерного элемента 10. Через ось 6, шайбу 7 и втулку 5 тепло будет передаваться на стойку 1 и зубчатое колесо 3. Стойка 1 крепится к металлическому днищу лазера. Таким образом, согласно закону Фурье, вся конструкция, включая днище и металлический кожух твердотельного лазера, будут являться радиатором, рассеивающим тепло в окружающую среду.

Благодаря упругости мембранной крышки 11 устраняются осевые деформации, возникающие в активном лазерном элементе 10. Благодаря зазору, между отверстием в барабане 9 и активным лазерным элементом 10 устраняется возможность его радиальных

деформаций, обусловленных нагревом. Зубчатое колесо 3 позволяет осуществить смену активных лазерных элементов 10 путем поворота барабана 9 на требуемый угол. Таким образом осуществляется изменение длины волны генерации лазера. Поворот барабана 9, а следовательно и изменение длины волны генерации лазера, можно осуществить в ручную, используя, например, фиксатор с зубчатым колесом, рис.7., либо с применением электропривода.

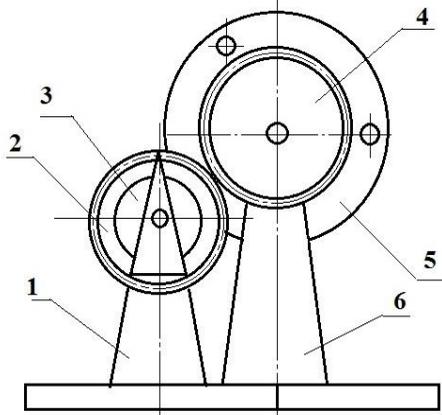


Рисунок 7 - Стойка-радиатор с ручным переключением: 1-стойка; 2-зубчатое колесо; 3-фиксатор; 4-зубчатое колесо; 5 - барабан с лазерными элементами; 6-стойка

Представленная в данной работе стойка-радиатор позволит увеличить ресурс работы активных лазерных элементов на красителях, а также повысить КПД лазера за счет снижения их температуры. Кроме того, предлагаемая конструкция позволит более оперативно изменять диапазон длин волн генерации лазера за счет переключения активных лазерных элементов, которое можно осуществлять как в ручную, так и с помощью электропривода.

#### **Список использованных источников:**

1. Деулин Б.И. Модернизация твердотельного лазера на органических красителях ЛКИ-301 / Известия Орловского государственного технического университета. Серия: «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» №5 (301). – Орел. Издательство ОрелГТУ, 2013, с.145-149.
2. Деулин Б.И. Сравнительные характеристики твердотельных лазеров на красителях с различными матрицами / Материалы VI Международной заочной научно-практической Интернет-

конференции «Инновационные, фундаментальные и прикладные исследования в области химии сельскохозяйственному производству». – Орел: ОрелГАУ, 2013, с. 162 - 166.

3. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справочное пос / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Панيماتченко, Ю.В. Крыжановская. – СПб. Издательство «Профессия», 2003. – 240 с.

4. Земский В. И., Колесников Ю. Л., Мешковский И. К. Физика и техника импульсных лазеров на красителях. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.–176 с.

5. Патент РФ № 141309 на полезную модель "Активный лазерный элемент с мембранным радиатором" Бюл. №15 от 27.05.2013/ Деулин Б.И., Филиппов В.В.

6. Осинцев О.Е., Федоров В.Н. Медь и медные сплавы, отечественные и зарубежные марки. – М.: Машиностроение 2004. - 335 с.

Деулин Борис Иванович преподаватель БОУ ОО СПО «Орловский технологический техникум». Россия, 302029, г. Орел, ул. Раздольная, 100. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)

Филиппов Вадим Владимирович – доцент ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет». Россия, 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69. E-mail: [vadim233065@rambler.ru](mailto:vadim233065@rambler.ru)

## STAND - RADIATOR FOR SOLID-STATE DYE LASER

Deulin B.I., Filippov V.V.

*Abstract. Tunable dye lasers are widely used in various branches of science and technology, so the problem of improving their performance has been widely discussed. This article presents a stand-radiator for cooling the active laser elements of solid state lasers based on organic dyes.*

*Keywords: laser element, organic dyes, pump, radiator, stand.*

Deulin Boris teacher of the Orel Technology College. Russia, 302029, Orel, ul. Razdolnaya, 100. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru).

Filippov Vadim - associate of the Orel State Agrarian University. Russia, 302019, Orel, ul. General Rodin, 69. E-mail: [vadim233065@rambler.ru](mailto:vadim233065@rambler.ru).

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТОЙКА ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С МЕМБРАННЫМИ РАДИАТОРАМИ

Деулин Б.И., Филиппов В.В.

БОУ ОО СПО «Орловский технологический техникум»  
ФГБОУ ВО «Орловский государственной аграрный университет»

*Аннотация. Проблеме создания современных автоматизированных лазеров и различных систем на их основе уделяется большое внимание. В настоящей работе предложена автоматизированная стойка для крепления твердотельных лазерных элементов на красителях с мембранными радиаторами.*

*Ключевые слова: мембрана, радиатор, шаговый двигатель, стойка, лазерный элемент, органический краситель, автоматизация.*

Перестраиваемые лазеры на красителях, получили широкое распространение т.к. они позволяют охватить всю видимую область длин волн от ближней инфракрасной до ближнего ультрафиолета, что расширяет возможности различных методов контроля различных веществ и материалов.

В 80-х годах XX века отечественная промышленность освоила выпуск твердотельного лазера на красителях ЛКИ–301 с матрицей из полиметилметакрилата, оптическая схема которого приведена на рис.1.[1]. Матрицы из полиметилметакрилата обладают рядом недостатков: их низкая фото – и теплостойкость вызывает необходимость сканирования по поверхности лазерного элемента пучком света при накачке [2,3]. Такой способ накачки из-за возможности неравномерного распределения красителя в матрице и ее неравномерного нагрева приводит к нестабильности излучения лазера. Для обеспечения большей стабильности излучения, накачка должна производиться «в одну точку».

С этой целью, красители внедрялись в целый ряд других материалов, например, в эпоксиполимеры и пористые стекла [2,3,4].

В работах было показано [1,2,4], что интенсивность люминесценции красителей зависит от температуры. С ростом температуры она уменьшается. Поэтому, для увеличения КПД лазера и увеличения ресурса активного лазерного элемента целесообразно применять меры по его охлаждению.

В работе [5] была представлена конструкция мембранного радиатора для твердотельных лазерных элементов в виде дисков, рис.2. Он состоит из активного лазерного элемента, активированного красителями 1, выполненного в виде диска; кольца 2; гофрированных мембран с трапециевидальным профилем 3; винтов 4; шайб 5; гаек 6.

Существующие стойки для крепления таких конструкций предназначены только для одного лазерного элемента. Поэтому, при смене диапазона работы лазера необходимо вручную менять активный элемент, на что требуются определенные временные затраты.

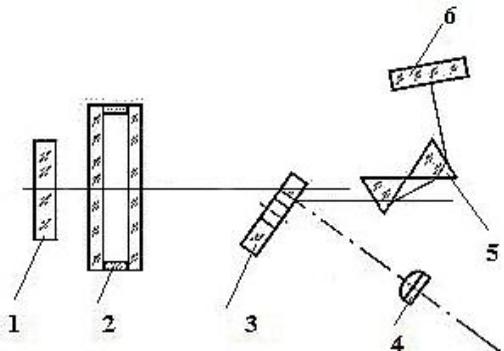


Рисунок 1 - Оптическая схема твердотельного лазера на красителях ЛКИ-301: 1 – зеркало оптического резонатора; 2 – интерферометр; 3 – активный лазерный элемент; 4 – линза; 5 – призма; 6 - выходное зеркало оптического резонатора

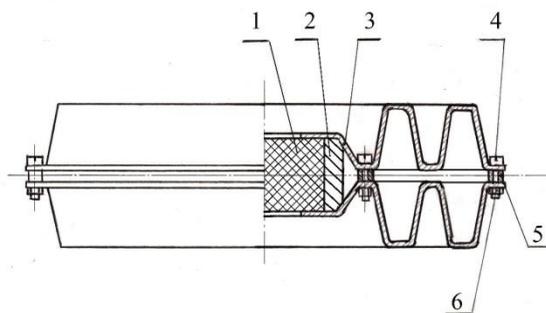


Рисунок 2 - Активный лазерный элемент с мембранным радиатором: 1 – активный лазерный элемент, активированный красителями; 2 – кольцо ; 3 – мембрана с трапециевидальным профилем; 4 – винт; 5 – шайба; 6 – гайка

В настоящей статье предлагается стойка, предназначенная для крепления нескольких конструкций, которая позволяет перестраивать диапазон длин волн работы лазера путем их переключения. Данное устройство, предназначенное для крепления четырех таких устройств, представлено на рис. 3. Оно состоит из стойки 2, выполненной из теплопроводящего материала. В стойке 2 укреплена втулка 5, выполняющая роль подшипника скольжения. Ее целесообразно изготовить из бронзы, которая обладает низким коэффициентом трения и высокой теплопроводностью. На стойке 2 посредством оси 6 размещены зубчатое колесо 3 и барабан 2. Зубчатое колесо 3 крепится на оси 6 с помощью винта 4. Для избегания трения и износа стойки 2 и барабана 1 между ними находится шайба 7 из бронзы. Барабан 2 так же крепится на оси 6 с помощью винта 8. Барабан 1 выполнен из материала с высокой теплопроводностью, например из бескислородной меди марки М006, которая имеет высокую теплопроводность и сопротивлению разрыву близкое к стали марки Ст 3, одновременно медный лист обладает необходимой пластичностью для штамповки [6]. Барабан 1 имеет круговые вырезы с отверстиями для установки и крепления активных лазерных элементов с мембранным радиатором, которые на нем крепятся с помощью винтов и гаек, рис.3. На данном рисунке их четыре.

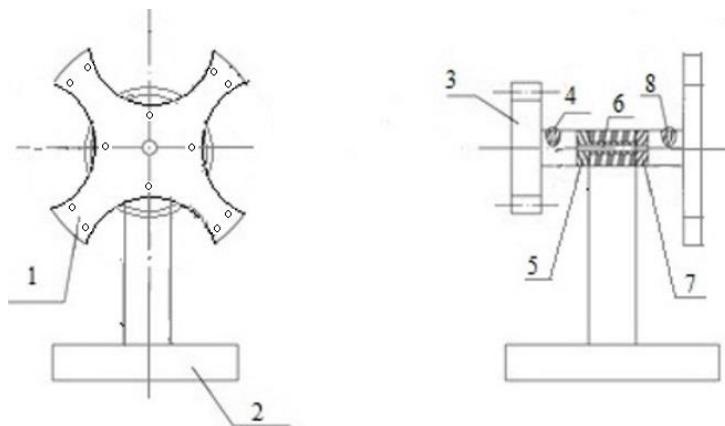


Рисунок 3 - Стойка для активных лазерных элементов с мембранным радиатором: 1-барабан; 2-стойка; 3-зубчатое колесо; 4-винт; 5-втулка; 6 ось; 7-шайба; 8-винт

Поворот барабана 1, а, следовательно, и изменение длины волны генерации лазера, можно осуществить в ручную, либо с применением электропривода.

В данной работе предлагается для вращения барабана, а, следовательно, и для изменения рабочего диапазона длин волн лазера использовать шаговый двигатель.

На рисунке 4 представлена функциональная схема автоматизированного управления данной стойкой с приводом от шагового двигателя.

Устройство автоматизированного управления стойкой-радиатором состоит шагового двигателя 1; стойки 2; электромагнитного реле постоянного тока 3; генератора прямоугольных импульсов 4; счетчика импульсов 5; электронных ключей 6 и 7 и компьютера 8.

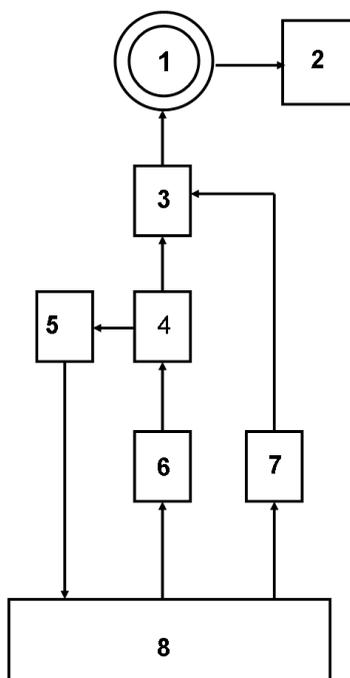
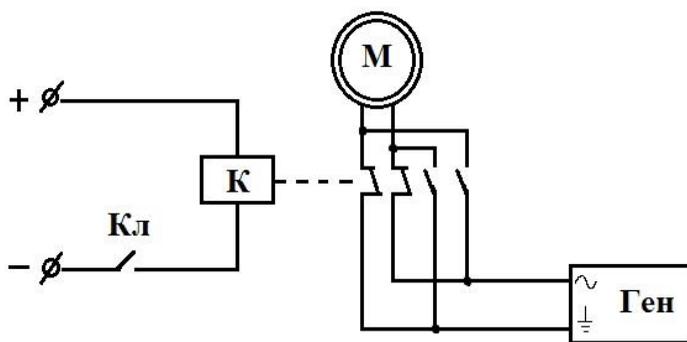


Рисунок 4 - Функциональная схема автоматизированного управления стойкой-радиатором с приводом от шагового двигателя: 1- шаговый двигатель; 2- стойка; 3-электромагнитное реле постоянного тока; 4-генератор прямоугольных импульсов; 5-счетчик импульсов; 6-электронный ключ; 7-электронный ключ; 8-компьютер.

Изменение диапазона длин волн генерации лазера на красителях осуществляется путем смены его активных лазерных элементов. Это может быть осуществлено за счет поворота барабана стойки 2 на требуемый угол. Поворот барабана стойки 2 происходит за счет вращения шагового двигателя 1 на требуемый угол. Для этого, с компьютера 8 подается сигнал на ключ 6 с целью его открытия. Ключ 6 включает генератор прямоугольных импульсов 4. Импульсы с генератора 4 поступают на контакты электромагнитного реле постоянного тока 3, к которому подключены выводы шагового двигателя 1. Будем считать, что для вращения шагового двигателя 1 по часовой стрелке выводы генератора импульсов 4 и шагового двигателя 1 подключены на нормально замкнутые контакты электромагнитного реле 3, рис.5.



**Кл** - ключ; **К** - катушка электромагнитного реле; **М** - шаговый двигатель; **Ген** - генератор импульсов

Рисунок 5 - Подключение шагового двигателя к генератору импульсов через электромагнитное реле

Под действием импульсов генератора 4, шаговый двигатель 1 начинает осуществлять вращение барабана стойки 2. К генератору прямоугольных импульсов 4 подключен счетчик импульсов 5, с помощью которого можно контролировать угол поворота шагового двигателя 1. Данные со счетчика импульсов 5 поступают на компьютер 8. При повороте шагового двигателя 1 на требуемый угол, с компьютера 8 поступает сигнал на ключ 6 с целью его закрытия и выключения генератора 4, а так же на счетчик импульсов 5, для его обнуления.

При необходимости вращения шагового двигателя 1 против часовой стрелки с компьютера 8 поступает сигнал на ключ 7, который

замыкает цепь катушки электромагнитного реле 3. В результате чего электромагнитное реле 3 срабатывает. При этом нормально замкнутые контакты размыкаются, а нормально разомкнутые замыкаются. Далее с помощью компьютера 8 открывается ключ 6, который включает генератор прямоугольных импульсов 4. Теперь импульсы от генератора 4 поступают на нормально разомкнутые контакты электромагнитного реле 3, к которым подключается шаговый двигатель 1, рис. 5. Таким образом, меняется полярность импульсов поступающих на шаговый двигатель 1 и он начинает вращаться против часовой стрелки, осуществляя поворот барабана стойки 2. Для контроля угла поворота шагового двигателя 1 служит счетчик импульсов 5, подключенный к генератору прямоугольных импульсов 4. Данные со счетчика импульсов 5 поступают на компьютер 8. При повороте шагового двигателя 1 на требуемый угол с компьютера 8 поступает сигнал на ключ 6 с целью выключения генератора прямоугольных импульсов 4 и на ключ 7, который размыкает цепь катушки электромагнитного реле постоянного тока 3. Далее с компьютера 8 поступает сигнал на счетчик импульсов 5 с целью его обнуления.

Представленная в данной работе стойка позволит более оперативно изменять диапазон длин волн генерации лазера за счет переключения активных лазерных элементов. Данное устройство может быть составной частью автоматизированных твердотельных лазеров на органических красителях и различных устройств на их основе.

#### **Список использованных источников:**

1. Деулин Б.И. Модернизация твердотельного лазера на органических красителях ЛКИ-301 / Известия Орловского государственного технического университета. Серия: «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии» №5 (301). – Орел. Издательство ОрелГТУ, 2013, с.145-149.
2. Деулин Б.И. Сравнительные характеристики твердотельных лазеров на красителях с различными матрицами / Материалы VI Международной заочной научно-практической Интернет-конференции «Инновационные, фундаментальные и прикладные исследования в области сельскохозяйственному производству». – Орел: ОрелГАУ, 2013, с. 162 - 166.
3. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справочное пос / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановская. – СПб. Издательство «Профессия», 2003. – 240 с.

4. Земский В. И., Колесников Ю. Л., Мешковский И. К. Физика и техника импульсных лазеров на красителях. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2005.–176 с.

5. Патент РФ № 141309 на полезную модель "Активный лазерный элемент с мембранным радиатором" Бюл. №15 от 27.05.2013/ Деулин Б.И., Филиппов В.В.

6. Осинцев О.Е., Федоров В.Н. Медь и медные сплавы, отечественные и зарубежные марки. – М.: Машиностроение 2004. - 335 с.

*Деулин Борис Иванович преподаватель БОУ ОО СПО «Орловский технологический техникум». Россия, 302029, г. Орел, ул. Раздольная, 100. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)*

*Филиппов Вадим Владимирович – доцент ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет». Россия, 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69. E-mail: [vadim233065@rambler.ru](mailto:vadim233065@rambler.ru)*

#### AUTOMATED STAND FOR SOLID LASER ELEMENTS WITH MEMBRANE RADIATORS

Deulin B.I., Filippov V.V.

*Abstract. The problem of creating modern automated laser and various systems based on them is paid much attention. In this paper we propose an automated stand for mounting solid-state dye laser elements with membrane radiators.*

*Keywords: membrane, radiator, stepper motor, stand, laser element, an organic dye, automation.*

*Deulin Boris teacher of the Orel Technology College. Russia, 302029, Orel, ul. Razdolnaya, 100. E-mail: [boris1967or@qip.ru](mailto:boris1967or@qip.ru)*

*Filippov Vadim - associate of the Orel State Agrarian University. Russia, 302019, Orel, ul. General Rodin, 69. E-mail: [vadim233065@rambler.ru](mailto:vadim233065@rambler.ru).*

## Реклама в нашем журнале

### ВНИМАНИЕ!

Редакция ЖУРНАЛА «АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ»

приглашает Вас к сотрудничеству.

Мы предлагаем разместить Вашу рекламу на страницах нашего журнала.

Наши читатели (Россия и зарубежье) — учебные и научные учреждения, предприятия следующих отраслей деятельности:

- сельскохозяйственные предприятия;
- предприятия тяжелой и легкой, перерабатывающей промышленности;
- энергокомпании;
- отраслевые НИИ;
- научно-производственные объединения;
- учебные заведения;
- библиотеки.

■ **Каждый из номеров журнала распространяется более чем 500 адресатам.**

**Информацию о возможности размещения рекламной продукции и ценах Вы можете узнать в редакции журналов, а также у главного редактора.**

**Телефоны: 8202879024; 8(4862) 76-44-69.**

**Тел. (факс): 8(4862) 76-11-07**

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР** – кандидат технических наук, доцент

**Александр Владимирович Виноградов**

**E-mail: [winaleksandr@yandex.ru](mailto:winaleksandr@yandex.ru)**

**Адрес:** 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, Орловский государственный аграрный университет, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.



**ПЕРЕДВИЖНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ  
ЛАБОРАТОРИЯ  
ФГБОУ ВПО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
при кафедре «Электроснабжение» Орел ГАУ  
г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69, Орел ГАУ, ауд. 2-411**

Передвижная электротехническая лаборатория ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет» **проводит измерения и испытания в электроустановках до 1000В:**

1. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, проводов и кабелей;
2. Измерение сопротивления заземляющих устройств;
3. Измерения сопротивления цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
4. Измерение сопротивления петли «фаза-нуль»;
5. Проверка срабатывания устройств защитного отключения (УЗО);
6. Проверка срабатывания автоматических выключателей до 1000В.

Электротехническая лаборатория ФГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет» зарегистрирована в Приокском управлении Ростехнадзора за №А10-14-888 от 20.10.2014г.

**Так же предлагаем услуги:**

1. Проведение измерений качества электрической энергии.
2. Выполнение, редакция программ по энергосбережению, энергоаудит.
3. Монтаж электрооборудования.
4. Обслуживание электрохозяйства, подготовка документации по электрохозяйству.
5. Проведение курсов повышения квалификации по энергосбережению, электробезопасности, обучение по рабочей профессии «Электромонтер»
6. Выполнение проектов по электроснабжению.
7. Выполнение обследования состояния электропроводок.
8. Электротехнические расчеты.

**Наши контакты:**

**Руководитель:** Виноградов Александр Владимирович ( к.т.н.)

тел: 89202879024, E-mail: [winaleksandr@rambler.ru](mailto:winaleksandr@rambler.ru)

**инженер – метролог:** Бородин Максим Владимирович (к.т.н.)

тел: 89208014190, E-mail: [maksimka-borodin@yandex.ru](mailto:maksimka-borodin@yandex.ru)

**инженер – метролог:** Семенов Александр Евгеньевич

тел: 89536130445, E-mail: [semenow.ae@yandex.ru](mailto:semenow.ae@yandex.ru)