

Государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

*Нижегородский государственный  
инженерно-экономический институт*

ISSN 2227-9407

## **ВЕСТНИК НГИЭИ**

Научный журнал  
Издается с ноября 2010 года

**№ 8 (15)**  
Июль–август  
2012 г.

### **СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Серия основана в ноябре 2010  
Выходит один раз в два месяца

#### Редакционный совет:

А. Е. Шамин, д.э.н., проф.  
(главный редактор),  
Н. В. Проваленова, к.э.н., доц.  
(зам. главного редактора),  
С. А. Суслов, к.э.н., доц.  
(ответственный редактор),  
А. В. Мартьянычев, к.с.-х.н.,  
А. С. Серебряков, д.т.н., проф.,  
Н. В. Оболенский, д.т.н., проф.,  
Н. Н. Кучин, д.с.-х.н., проф.,  
В. Л. Осокин, к.т.н.,  
Е. В. Королев, к.т.н., доц.,  
Н. А. Лиманская, к.т.н., доц.,  
С. Ю. Булатов, к.т.н.

Корректор:  
Т. А. Быстрова.

Компьютерная верстка:  
В. Л. Осокин  
Т. В. Погребова

#### СОДЕРЖАНИЕ

БУЛАТОВ С. Ю., НЕЧАЕВ В. Н. Исследование влияния коэффициента перекрытия камеры измельчения молотковой дробилки зерна на ее аэродинамические характеристики	3
НЕЧАЕВ В. Н. Изучение влияния конструктивных факторов лопаток ротора-вентилятора на показатели рабочего процесса дробилки	12
СОФРОНОВА Е. С. Использование семян льна-долгунца	21
НЕСТЕРЕНКО А. А., РЕШЕТНЯК А. И., ПОТОКИНА Ю. В., ПОТЯСОВ Н. В. Использование пектина в производстве мясопродуктов	30
ВОРОНОВА Н. С., БЕРДИНА А. Н., КУДЛАЕВА Е. С. Исследование химического состава и функциональных свойств белковых изолятов, полученных из подсолнечных семян и жмыха	37
НЕСТЕРЕНКО А. А., КАЯЦКАЯ А. С. Посол мяса и мясопродуктов	46
НЕСТЕРЕНКО А. А., РЕШЕТНЯК А. И., ПОТОКИНА Ю. В. Применение озона при хранении мясопродуктов	55

<p>Учредитель: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»</p> <p>Адрес редакции, издателя, типографии: 606340, Россия, Нижегородская обл., город Княгинино, улица Октябрьская, дом 22 а</p> <p>Сайт: <a href="http://www.ngiei.ru">http://www.ngiei.ru</a></p> <p>Е-mail: <a href="mailto:provalenova@ngiei.ru">provalenova@ngiei.ru</a> <a href="mailto:nccsmail4@mail.ru">nccsmail4@mail.ru</a></p> <p>Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Нижегородской области. Регистрационное свидетельство ПИ № ТУ 52-0565 от 23.12.2011</p> <p>Подписано в печать: 28.09.2012 г. по графику 16:00 фактически 15:00</p> <p>Формат 60x90, 1/16</p> <p>Усл. печ. л. 8,55 Уч.-изд. л. 4,63 Тираж 1000 Заказ 74</p> <p>Цена свободная.</p> <p>© Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2012</p>	<p>РЕШЕТНЯК А. И., ПАНОВ Д. К. Сравнительная характеристика технологий при ускоренном производстве сырокопченых колбас 62</p> <p>ПАТИЕВА А. М., ПАТИЕВА С. В., ВЕЛИЧКО В. А. Жирнокислотный состав шпика свиней датской породы 69</p> <p>МИХАЙЛОВА О. В., КОРОБКОВ А. Н. Электромагнитный сепаратор примесей кормовых культур 83</p> <p>СЕМЕНОВ Д. А. Устройство с микропроцессорным управлением для диагностики изоляции электрооборудования 88</p> <p>СЕМЕНОВ Д. А. Мониторинг изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации 96</p> <p>СОРОКИН И. А., ПУЧИН Е. А. Методика и основные принципы подачи абразива в двигатель в состоянии ускоренных испытаний 107</p> <p>ОБОЛЕНСКИЙ Н. В., ДАНИЛОВ Д. Ю., МУСТАФИН Ш. Х. Технико-экономическая эффективность использования кассетного устройства для сушки зерна 120</p> <p>ОБОЛЕНСКИЙ Н. В., ДАНИЛОВ Д. Ю. Обоснование целесообразности теплоизоляции устройства для исследования процесса сушки зерна 127</p>
---	--

С. Ю. БУЛАТОВ, В. Н. НЕЧАЕВ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ  
КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕКРЫТИЯ КАМЕРЫ  
ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ  
ЗЕРНА НА ЕЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ**

*Ключевые слова:* молотковая дробилка, ротор-вентилятор, степень перекрытия, аэродинамические характеристики, математическая модель, двумерные сечения.

*Аннотация.* В статье представлены результаты экспериментов по влиянию коэффициента перекрытия камеры дробилки лопатками ротора-вентилятора на его рабочие показатели.

Для подачи материала в камеру дробилки, его измельчения и дальнейшего вывода готового продукта нами была разработана дробилка с ротором-вентилятором [1].

Задачей многих исследований, направленных на изучение вентиляторов, является повышение его КПД. Нами также были проведены исследования по определению показателей, характеризующих работу ротора-вентилятора.

Исследовали влияние окружной скорости молотков и коэффициента перекрытия камеры измельчения дробилки лопатками ротора-вентилятора. Для этого были изготовлены два комплекта лопаток. Геометрические параметры лопаток определялись, исходя из габаритов камеры

дробилки. Ширина лопаток прямоугольной формы ограничивалась расстоянием между внешним и внутренним дисками ротора-вентилятора (рис. 1, а). Ширина лопаток Т-образной формы была ограничена диаметрами внешнего и внутреннего дисков ротора-вентилятора, расстоянием между ними и шириной камеры дробилки (рис. 1, б).

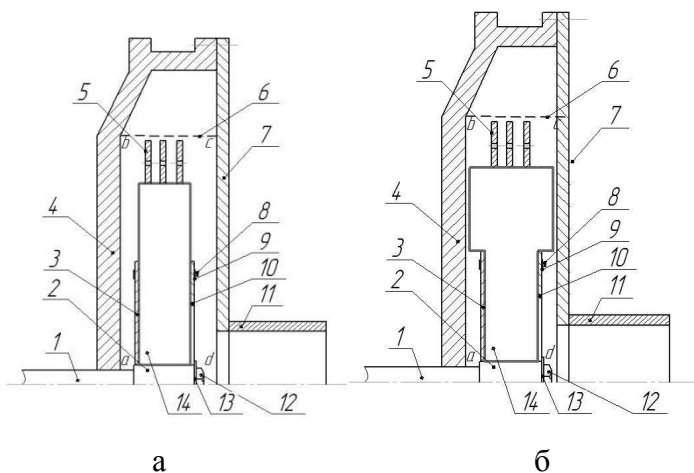


Рисунок 1 – Камера дробления дробилки с коэффициентом перекрытия лопатками:

а –  $k = 0,61$ ; б –  $k = 0,76$ ; 1 – вал электродвигателя; 2 – ступица ротора-вентилятора; 3 – внутренний диск ротора-вентилятора; 4 – корпус; 5 – молотки; 6 – решето; 7 – крышка; 8 – ось подвеса молотков; 9 – стопорная шайба; 10 – внешний диск ротора-вентилятора; 11 – входной патрубок; 12 – болт; 13 – шайба; 14 – лопатка

Коэффициент полезного действия ротора-вентилятора рассчитывали по выражению:

$$\eta = \frac{Q \cdot P_v}{W}. \quad (1)$$

где  $Q$  – расход воздушного потока, генерируемого ротором-вентилятором,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $P_v$  – полное давление, Па;  $W$  – потребляемая электродвигателем мощность, Вт.

Удельную мощность, необходимую на перемещение  $1 \text{ м}^3$  воздуха, находили по формуле:

$$w = \frac{W}{Q}. \quad (2)$$

Гидравлическую мощность определяли по выражению:

$$N_{\Gamma} = Q \cdot P_v. \quad (3)$$

Полное  $P_v$  и динамическое  $P_d$  давления, скорость  $v$ , расход  $Q$  и температуру  $t$  воздушного потока, генерируемого ротором-вентилятором, замеряли с помощью дифференциального манометра ExtechHD 350. Замеры проводили согласно методике, изложенной в [2, 3]. Потребляемую электродвигателем дробилки во время рабочего процесса мощность  $W$  замеряли с помощью токоизмерительных клещей MastechMS 2203.

Для математического описания влияния исследуемых факторов на критерии оптимизации был проведен эксперимент первого порядка. В качестве факторов выступили окружная скорость лопаток ротора-вентилятора и Коэффициент перекрытия камеры дробилки лопатками. Окружную скорость молотков задавали равную  $41,6 \text{ м/с}$  и  $67,5 \text{ м/с}$ . Коэффициент перекрытия составлял  $k = 0,61$  и  $k = 0,76$ . Критериями оптимизации выступили КПД, удельная энергоёмкость, номинальное полное давление и гидравлическая мощность. Матрица плана эксперимента и его результаты представлены в табл. 1.

Математические модели, описывающие влияние изучаемых факторов на КПД ротора-вентилятора, удельную мощность, полное давление и гидравлическую мощность при 95 % доверительной вероятности, выглядят следующим образом:

$$\bar{y}_1 = 36,3 - 2,36x_1 + 0,68x_2 + 0,42x_1x_2. \quad (3)$$

$$\bar{y}_2 = 3,57 + 1,46x_1 + 0,08x_2 - 0,08x_1x_2 \quad (4)$$

$$\bar{y}_3 = 1261,8 + 442,8x_1 + 61,8x_2 - 7,25x_1x_2 \quad (5)$$

$$\bar{y}_4 = 207,06 + 100,8x_1 + 24,34x_2 - 17,81x_1x_2 \quad (6)$$

Таблица 1 – Матрица плана  $2^2$  и результаты эксперимента

№ опыта	Факторы		Критерии оптимизации			
	Окружная скорость лопаток $x_1$	Степень перекрытия камер $x_2$	$\eta$ , %	$W/Q$ , кВт·с/м <sub>3</sub>	$P_v$ , Па	$N_r$ , Вт
			$\bar{y}_1$	$\bar{y}_2$	$\bar{y}_3$	$\bar{y}_4$
1	- 1	- 1	38,37	1,95	750	99,75
2	+ 1	- 1	32,79	5,03	1650	265,7
3	- 1	+ 1	38,89	2,28	888	112,78
4	+ 1	+ 1	35,00	5,03	1759	350,0

Для наглядного представления протекающих процессов представлены двумерные сечения поверхностей откликов (рис. 2, 3, 4, 5).

Анализ математических моделей и двумерных сечений показывает, что при снижении окружной скорости лопаток и увеличении коэффициента перекрытия в исследуемых диапазонах происходит рост КПД на 16 %.

При минимальных значениях исследуемых факторов удельные энергозатраты в 2 раза ниже, чем при максимальных. В большей степени на критерии оптимизации влияет окружная скорость лопаток. Так при максимальном

значении степень перекрытия перестает оказывать влияние на удельные энергозатраты.

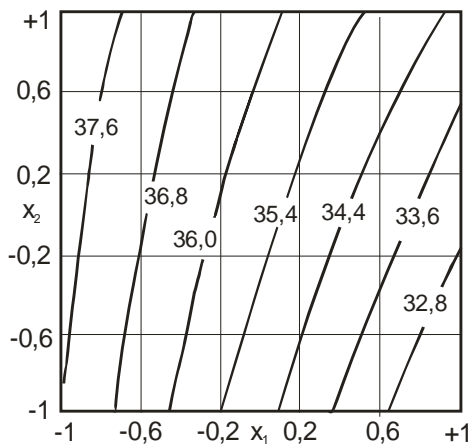


Рисунок 2 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на КПД вентилятора

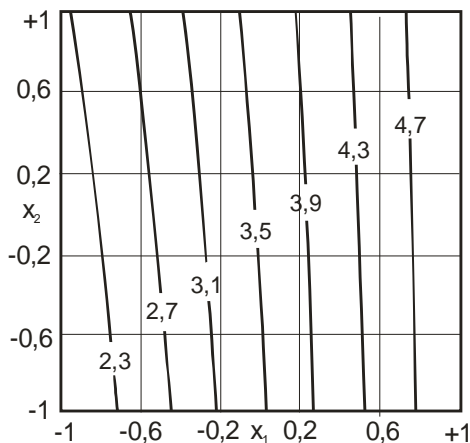


Рисунок 3 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на удельную энергоёмкость

Важнейшими показателями работы вентилятора являются развиваемое им давление и гидравлическая мощность. Максимальные значения данных показателей достигаются при росте обоих факторов.

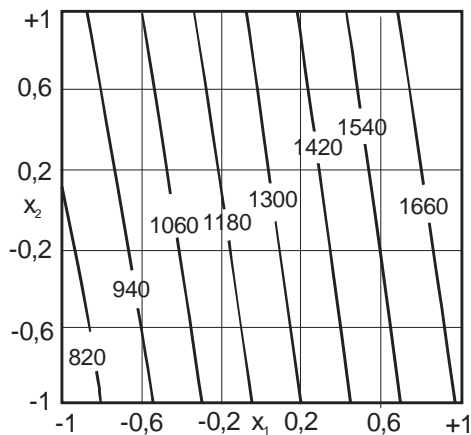


Рисунок 4 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на номинальное давление

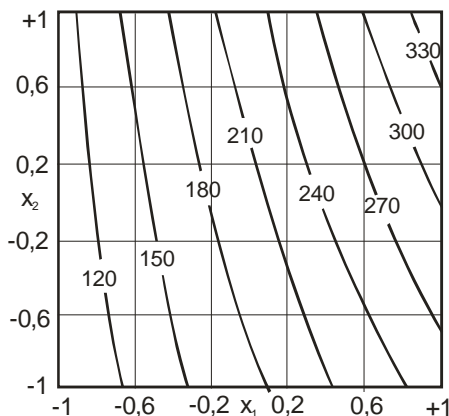


Рисунок 5 – Влияние степени перекрытия камеры и окружной скорости лопаток на гидравлическую мощность



При изменении окружной скорости от 41,6 м/с до 67,5 м/с при коэффициенте перекрытия равном 0,61 развиваемое давление увеличивается на 45 %, а при коэффициенте перекрытия 0,76 – на 51%.

Аналогично выглядит характеристика гидравлической мощности. Максимум достигается при наибольших показателях  $\nu$  и  $k$ .

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что для достижения оптимального режима работы дробилки необходимо увеличивать коэффициент перекрытия и окружную скорость лопаток ротора-вентилятора. При этом номинальное полное давление составляет 1759 Па, гидравлическая мощность – 350 Вт, КПД и удельные энерозатраты соответственно 35 % и 5,03 кВт·с/м<sup>3</sup>.

На рис. 6 представлены аэродинамические характеристики ротора-вентилятора с коэффициентом перекрытия камеры измельчения дробилки лопатками ротора-вентилятора  $k = 0,76$  и окружной скорости лопаток 67,5 м/с.

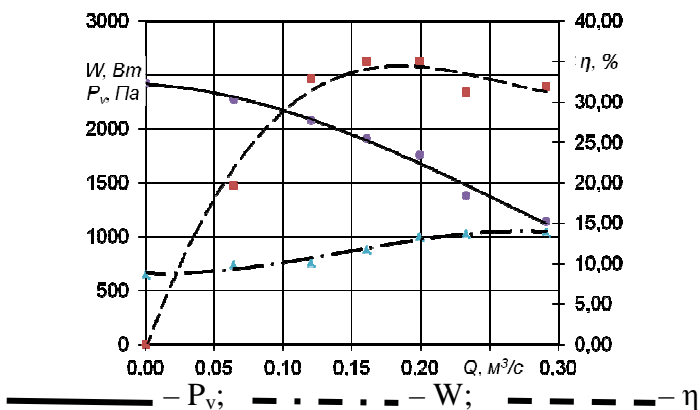


Рисунок 6 – Аэродинамические характеристики ротора-вентилятора с радиальными лопатками при  $k = 0,76$ ,  $\nu = 67,5$  м/с

В результате проведенных исследований мы пришли к выводу, что наилучшие показатели достигаются при окружной скорости 67,5 м/с и коэффициент перекрытия 0,76, при этом номинальный расход составил 0,199 м<sup>3</sup>/с, развиваемое давление – 1759 Па при коэффициенте полезного действия 35 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников С. В. Аэродинамические исследования молотковых кормодробилок // Земледельческая механика: Сб. тр. М.: Машиностроение. 1971. Т. 13. С. 270–281.
2. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Нечаев В. Н. Дробилка-«пылесос» // V Российский Форум «Российским инновациям – российский капитал» X Ярмарка бизнес-ангелов и инноваторов: Каталог. Нижний Новгород, 2012. С. 257–258.
3. Цециновский В. М. Теоретические основы разделения сыпучих смесей // Интенсификация процесса просеивания: Тр. ВНИИЗ. М, 1951. С. 5–23.

## RESEARCH OF INFLUENCE OF INDEX OF CLOSING OF CRUSHING CAMERA OF HAMMER CRUSHER TO ITS AERODYNAMICAL CHARACTERISTICS

*Keywords:* hammer crusher, rotor-conditioner, level of closing, aerodynamic characteristics, mathematical model, two-dimensional section.

*The summary. In the article the results of experiments of influence of closing of crushing camera by rotor-conditioner to its characteristics.*

---

**БУЛАТОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (bulatov\_sergey\_urevich@mail.ru).  
**НЕЧАЕВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ** – преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (nechaev-v@list.ru).

**BULATOV SERGEI YUR'EVICH** - candidate of technical sciences, the senior lecturer of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhny Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (bulatov\_sergey\_urevich@mail.ru).

**NECHAEV VLADIMIR NIKOLAEVICH** – the teacher of the chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhny Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (nechaev-v@list.ru).

---

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ ЛОПАТОК  
РОТОРА-ВЕНТИЛЯТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ  
РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДРОБИЛКИ**

*Ключевые слова:* молотковая дробилка, ротор-вентилятор, лопатка, аэродинамические характеристики, эксперимент, фактор.

*Аннотация.* В статье представлены результаты экспериментов по влиянию конструктивных факторов лопаток ротора-вентилятора на рабочие характеристики дробилки.

На сегодняшний день рынок предлагает огромное количество дробилок для измельчения зерна различных конструкций. Несомненным преимуществом среди прочих обладают дробилки зерна с пневматической загрузкой, так как они дешевле, и не требуют дополнительных машин для загрузки и разгрузки измельчаемого материала: забор зерна осуществляется непосредственно из буртов эжектором и за счет разрежения, создаваемого вентилятором, по материалопроводу подается в камеру измельчения дробилки.

Однако конструкции данных дробилок усложнены за счет постановки дополнительного рабочего органа – вентилятора. А в некоторых случаях ещё и постановкой дополнительной камеры для вентилятора.

Нами была разработана дробилка с ротором-вентилятором (рис. 1). Объединение двух узлов в одном позволит снизить металлоемкость, габариты и себестоимость дробилки, а также содержание пылевидных фракций за счет своевременного вывода измельченного продукта из камеры измельчения.

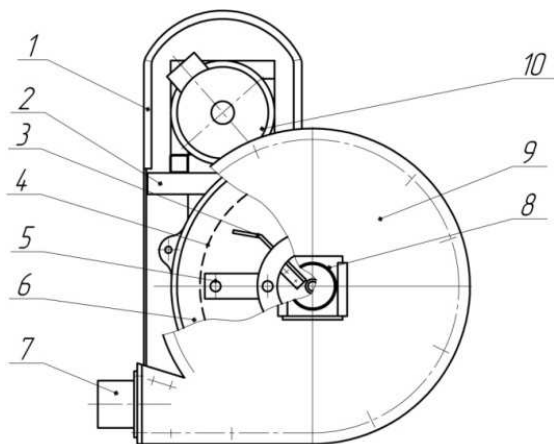


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема молотковой дробилки: 1 – кожух; 2 – рама; 3 – вентилятор; 4 – решето; 5 – молотковый ротор; 6 – корпус; 7 – выгрузной патрубок; 8 – всасывающий патрубок; 9 – крышка; 10 – электродвигатель

На движение воздушно-продуктового потока во многом влияет межлопаточное пространство (канал), определяемое формой лопаток. В связи с этим нами были проведены исследования по изучению влияния формы лопаток на показатели рабочего процесса дробилки.

При проведении испытаний ротора-вентилятора использовались общеизвестные методики.

Скорость  $v$  и расход  $Q$  воздуха, полное давление  $P_v$ , создаваемое ротором-вентилятором, определяли диффе-

ренциальным манометром EtechHD350. Потребляемую электродвигателем дробилки во время рабочего процесса мощность  $W$  замеряли с помощью токоизмерительных клещей MastechMS2203. Замеры проводили согласно методике, изложенной в [1].

Расчёт гидравлической мощности производили по формуле:

$$N_r = Q \cdot P_v. \quad (1)$$

Коэффициент полезного действия рассчитывали по выражению:

$$\eta = \frac{Q \cdot P_v}{W}. \quad (2)$$

Исследования рабочего процесса дробилки проводили с применением методов теории планирования эксперимента, использование которых позволяет снизить затраты энергии и увеличить производительность труда исследователя за счёт значительного сокращения количества опытов, а, следовательно, времени и средств на проведение эксперимента.

Варьируемые факторы выбирались с учётом рекомендаций, данных в многочисленных работах по исследованиям рабочего процесса дробилок зерна.

Расчёт оценок коэффициентов регрессии математических моделей, оценку их значимости, проверку адекватности полученных моделей и построение двумерных сечений поверхностей откликов проводили на персональном компьютере с помощью программного приложения StatgraphicsPlus 3.0. для Windows. Доверительная вероятность расчетов составляла 95 %. Оценки коэффициентов регрессии считаются значимыми, если величина P-Value (р-значение), приведённая в таблице дисперсионного анализа не превышает 0,05. Об адекватности модели также судили по данным, приведённым в таблице дисперсионного анализа. Для этой же цели использовали дополнитель-

ный тест lack-of-fit. Если значение P-Value (р-значение) использованного дополнительного теста больше 0,05, то модель представляется адекватной для описания отклика.

Нами были проведены исследования рабочего процесса дробилки с разработанным ротором-вентилятором. В ходе исследований определяли влияние угла наклона загнутой части лопатки и соотношение длин загнутой части к общей длине лопатки на критерии оптимизации (рис. 2, 3). При этом была реализована матрица полного факторного эксперимента типа  $2^3$ . Исследовались три фактора: частота вращения  $n$  (фактор  $x_1$ ), соотношение длины загнутой части  $L_1$  к общей длине  $L$  лопатки (фактор  $x_2$ ), угол наклона загнутой части лопатки  $\alpha$  (фактор  $x_3$ ). В качестве критериев оптимизации выступили максимальный КПД ротора-вентилятора и удельные энергозатраты, необходимые на перемещение воздушного потока. Матрица плана представлена в таблице 1.

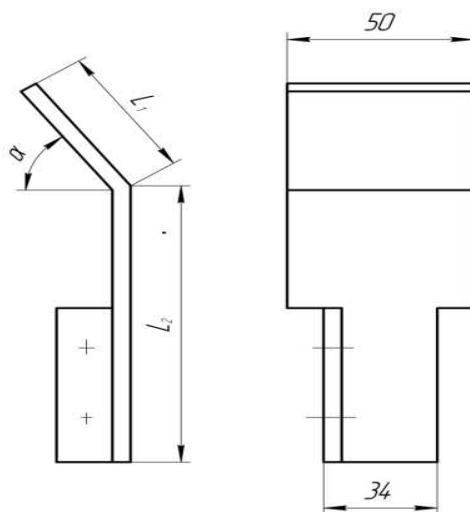


Рисунок 2 – Загнутая Т-образная лопатка шириной 50 мм  
( $L = L_1 + L_2$ )

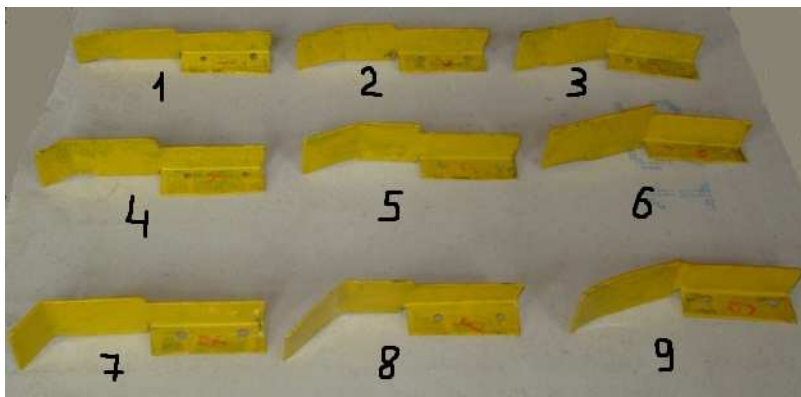


Рисунок 3 – Общий вид лопаток: 1 –  $L_1/L = 1/8$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ;  
 2 –  $L_1/L = 1/4$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ; 3 –  $L_1/L = 1/2$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ;  
 4 –  $L_1/L = 1/8$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ; 5 –  $L_1/L = 1/4$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ;  
 6 –  $L_1/L = 1/2$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ; 7 –  $L_1/L = 1/8$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ;  
 8 –  $L_1/L = 1/4$ ,  $\alpha = 45^\circ$ ; 9 –  $L_1/L = 1/2$ ,  $\alpha = 45^\circ$

Таблица 1 – Матрица плана  $2^3$ , интервалы и уровни варьирования факторов

№ опыта	Значения факторов						Критерии оптимизации	
	Нормир.	Ненормир.	Нормир.	Ненормир.	Нормир.	Ненормир.	$\eta$ , %	$W/Q$ , Вт·с/м
	$x_1$	n, мин	$x_2$	$L_1/L$	$x_3$	$\alpha$ , град	$\bar{y}_1$	$\bar{y}_2$
1	- 1	1850	- 1	1/8	- 1	15	34,5	2,84
2	+ 1	3000	- 1	1/8	- 1	15	34,7	4,69
3	- 1	1850	+ 1	1/2	- 1	15	31,1	2,61



4	+ 1	3000	+ 1	1/2	- 1	15	32,4	5,08
5	- 1	1850	- 1	1/8	+ 1	45	38,9	2,22
6	+ 1	3000	- 1	1/8	+ 1	45	51,2	3,22
7	- 1	1850	+ 1	1/2	+ 1	45	28,3	3,07
8	+ 1	3000	+ 1	1/2	+ 1	45	40,5	4,22

По результатам исследований получены модели регрессии рабочего процесса:

$$\bar{y}_1 = 36,5 + 3,24x_1 - 3,4x_2 + 3,28x_3 + 0,11x_1x_2 + 2,88x_1x_3 - 1,95x_2x_3. (1)$$

$$\bar{y}_2 = 3,49 + 0,81x_1 + 0,25x_2 - 0,31x_3 + 0,1x_1x_2 - 0,27x_1x_3 + 0,21x_2x_3. (2)$$

Анализируя математическую модель (1), можно отметить, что существенное влияние на КПД оказывает фактор  $x_2$ . Менее значимыми являются факторы  $x_3$  и  $x_1$ . Незначимым в данном опыте оказалось сочетание факторов  $x_1x_2$ . Степень достоверности аппроксимации полученной модели регрессии  $R^2$  составила 99,7 %. Анализ модели регрессии (2) позволяет сделать вывод, что наибольшее влияние на удельные энергозатраты оказывает фактор  $x_1$  – частота вращения. Менее значимо влияние факторов  $x_3$ ,  $x_2$ , а также сочетание эффектов  $x_1x_3$  и  $x_2x_3$ . Степень достоверности аппроксимации модели регрессии (2)  $R^2$  составила 99,4 %.

Для наглядного представления влияния изучаемых факторов на критерии оптимизации были построены двумерные сечения поверхности отклика, представленные на рисунке 4.

Анализ двумерных сечений (рис. 4, а) показывает, что при необходимой частоте вращения (3000 мин<sup>-1</sup>) увеличение фактор  $x_2$  (соотношение длины загнутой части  $L_1$  к общей длине  $L$  лопатки) с 1/8 до 1/2 приводит к возрастанию КПД с 30,5 % до 36,5 % и снижению энергозатрат с

4,18 кВт·с/м<sup>3</sup> до 2,74 кВт·с/м<sup>3</sup>. Увеличение угла наклона загнутой части лопатки с 15 ° до 45 ° приводит к возрастанию КПД с 34 % до 44 %, удельные энергозатраты при этом возрастают с 2,74 кВт·с/м<sup>3</sup> до 3,7 кВт·с/м<sup>3</sup>.

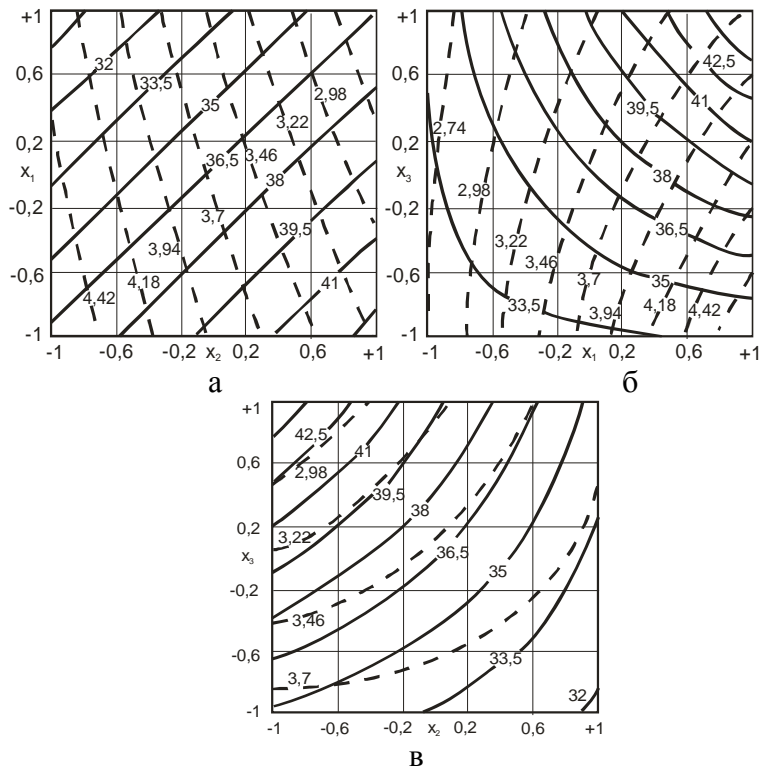
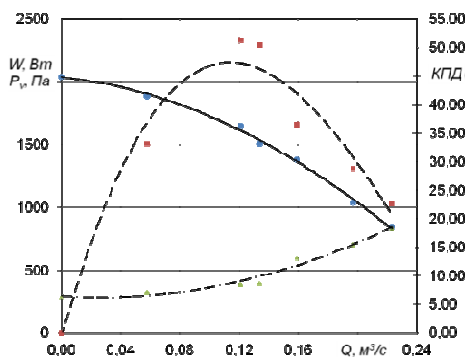


Рисунок 4 – Влияние на КПД и удельную мощность: а – частоты вращения и отношения длины загнутой части к общей длине лопатки; б – частоты вращения и угла наклона загнутой части лопаток; в – отношения длины загнутой части к общей длине лопатки и угла наклона загнутой части лопаток

Таким образом, можно рекомендовать следующие значения исследуемых факторов: угол наклона загнутой части лопатки –  $45^\circ$ , соотношение длины загнутой части  $L_1$  к общей длине  $L$  лопатки –  $3/10$ . При этом КПД составляет 42,5 %, удельные энергозатраты –  $3,74 \text{ кВт}\cdot\text{с}/\text{м}^3$ .

На рис. 5 представлены аэродинамические характеристики ротора-вентилятора с параметрами, близкими к полученным.

Результаты исследований (рис. 5) показали, что максимальный КПД характерен для лопаток, загнутых под углом  $45^\circ$  и соотношении длин  $L_1/L = 1/8$ . При этом номинальное давление составляет 1653 Па, удельные энергозатраты, необходимые на перемещение воздушного потока –  $3,22 \text{ кВт}\cdot\text{с}/\text{м}^3$ .



—————  $P_v$ ; - - - - -  $W$ ; - . - . -  $\eta \times 100$ , %

Рисунок 5 – Аэродинамические характеристики ротора-вентилятора с лопатками, загнутыми назад под углом  $45^\circ$ ,  $b = 50 \text{ мм}$ ,  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $L_1/L = 1/8$  (всасывание)

В результате проведенных исследований были определены пути оптимизации исследуемых факторов. Для увеличения КПД ротора-вентилятора и снижения удельных энергозатрат, необходимых на перемещение воздушного

ного потока, форма лопаток должна быть близкой к лопатке со следующими параметрами: угол наклона загнутой части –  $45^\circ$ , соотношение длин  $L_1/L = 3/10$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников С. В. Аэродинамические исследования молотковых кормодробилок // Земледельческая механика: Сб. тр. М.: Машиностроение. 1971. Т. 13. С. 270 - 281.

### **STUDYING OF INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE FACTORS OF SHOVELS OF ROTOR-CONDITIONER TO THE CHARACTERISTICS OF CRUSHING WORING PROCESS**

**Keywords:** *crushing hammer, rotor-conditioner, shovel, aerodynamic characteristics, experiment, factor.*

*The summary. In the article the results of experiments of influence of constructive factors of shovel of rotor-conditioner to the characteristics of crushing.*

---

**НЕЧАЕВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ** – преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, ([nechaev-v@list.ru](mailto:nechaev-v@list.ru)).

**NECHAEV VLADIMIR NIKOLAEVICH** – the teacher of the chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, ([nechaev-v@list.ru](mailto:nechaev-v@list.ru)).

---

Е. С. СОФРОНОВА

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕМЯН ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

**Ключевые слова:** лен-долгунец, образец, семена, маркерные признаки, жирнокислотный состав.

**Аннотация.** В условиях Северо-Востока Нечерноземья России изучены образцы льна, полученные из коллекции ВИР и ВНИИЛ, а также селекционные образцы, созданные на кафедре «Растениеводства» Вятской ГСХА. Оценка некоторых образцов по жирнокислотному составу позволит использовать образцы для пищевых целей.

Лен-долгунец – одна из основных технических культур. Лен неприхотлив к условиям возделывания, имеет различные направления использования (масло, льноволокно, кормовые жмыхи и шроты). Льняное волокно, обладая ценнейшими физико-механическими свойствами, является одним из самых прочных растительных волокон и широко используется в различных отраслях народного хозяйства. В последние годы значимость льна – долгунца для народного хозяйства еще более возрастает.

Наряду с волокном, широкое применение находят семена льна, как источник ценнейшего растительного масла – самого богатого источника комплекса полиненасыщенных жирных кислот Омега-3 и Омега-6, необходимых для полноценного развития и функционирования организма человека.

Молотое семя может быть добавлено как ингредиент в большинство видов хлебопекарной продукции в количестве 6–8 % сухого вещества. При выпечке хлеба кислоты Омега-3 не подвергаются разрушению даже при 200 °С.

Льняное семя, как молотое, так и тертое, устойчиво к окислению при хранении в запечатанных пакетах с пластиковой прослойкой в течение 280 суток при комнатной температуре.

Уникальность льняного масла состоит в очень высоком (до 57 %) содержании полиненасыщенной альфа-линоленовой кислоты (АЛК), незаменимой в рационе человека. АЛК как гормоноподобный препарат способствует осуществлению важных биологических функций в организме.

Многими учеными приводится перечень некоторых достоинств льняного масла: предупреждение раковых заболеваний, болезней сердца, инфарктов, лечение атеросклерозов, улучшение работы почек, снижение веса, снижение уровня холестерина в крови на 25 % и многое другое. Многие рецепты лечения вышеперечисленных заболеваний содержат в себе применение рыбьего жира, но он является сильным аллергеном, поэтому его не каждый может применять. А льняное масло не является аллергеном, и к тому же, содержание в нем Омега-3 в два раза больше, чем в рыбьем жире.

Содержание белка в отходах льняного маслодельного производства (жмыхи) составляет до 54 %. В настоящее время льняные жмыхи вводятся в количестве 10 % в корма сельскохозяйственных животных, что не позволяет в полной мере реализовать заложенный в них потенциал нутрицевтиков. В связи с этим использование льняных жмыхов в качестве источника растительного протеина является перспективным направлением, позволяющим решить проблему дефицита белка и рациональной утилизации отходов льняного маслодельного производства.

В условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации сложились наиболее благоприятные условия для роста и развития льна-долгунца. На протяжении столетий

лен был здесь главным «промышленным» растением, основной товарной культурой и источником получения денежных средств.

Одной из нерешенных проблем льноводства является получение высокой урожайности льняной продукции и улучшение ее качества. Решить ее можно за счет использования в производстве лучших сортов льна разных групп спелости. Сорт был и остается самым дешевым и наиболее доступным средством повышения урожайности и улучшения качества произведенной продукции. Желательно, чтобы новые сорта льна имели маркерные признаки по окраске цветков и семян, позволяющие отличать их от других сортов.

Увеличению производства семян льна и расширению сферы их использования может способствовать селекция. В связи с этим, большое значение имеет привлечение в качестве исходного материала новых образцов из коллекции ВИР и ВНИИЛ, которые являются неисчерпаемым источником разнообразного материала. Прежде, чем новый материал будет использован в скрещиваниях, необходимо всесторонне изучить его в конкретных природно-климатических условиях, там, где ведется селекционная работа.

Материалом исследования послужили 60 коллекционных образцов культурного льна из основных льносеющих стран мира. Наибольшее количество образцов из России, в состав этих образцов входят местные и краевые льны. Также присутствуют образцы из Белоруссии, Нидерландов, Польши, Японии, Китая, Дагестана, Сицилии, Канады, Таджикистана, Чехословакии, Италии, Индии.

Работа по селекции льна на кафедре «Растениеводство» Вятской государственной сельскохозяйственной академии началась в 1960 году.

Научно-исследовательским институтом микробиологии Российской Федерации (г. Киров) был проведен анализ

содержания жирных кислот в семенах у наиболее интересных образцов льна нашей коллекции. Образцы льна-долгунца имеют маркерные морфологические признаки, которые отличаются по окраске семян и цветков.

Для жирнокислотного состава льняного масла были отобраны образцы льна с различной окраской семян:

- Белочка – светло-коричневая окраска семян;
- Желтосемянный – желтая окраска семян;
- Добрыня – коричневая окраска семян;
- Ottawa 770 В – желтая окраска семян;
- Крупносемянный – коричневая окраска семян;
- Снегурочка – светло-коричневая окраска семян.

Выделение жирных кислот проводилось по модифицированной методике Блайя-Дайера.

Анализ данных показывает, что содержание масла в исследуемых образцах семян льна колеблется от 24 до 32 % (рис. 1). Количество масла у образцов Белочка, Желтосемянный и Ottawa 770 В варьируют в интервале 30 %, в то время как Крупносемянный, Добрыня и Снегурочка – 25 %, что подтверждает рис. 1.

Сферы промышленного использования растительных масел определяются главным образом их жирнокислотным составом.

В состав льняного масла входит ряд жирных кислот (таблица 1): линолевая, линоленовая, олеиновая, арахисовая, стеариновая, пальмитиновая и миристиновая. Они определяют высокие технические, пищевые и другие свойства льняного масла. Химический состав масла в большой степени зависит от района и условий возделывания, чем от сортовых особенностей. Ценность льняного масла определяется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (линолевая и альфа-линоленовая) и низким содержанием насыщенных кислот.



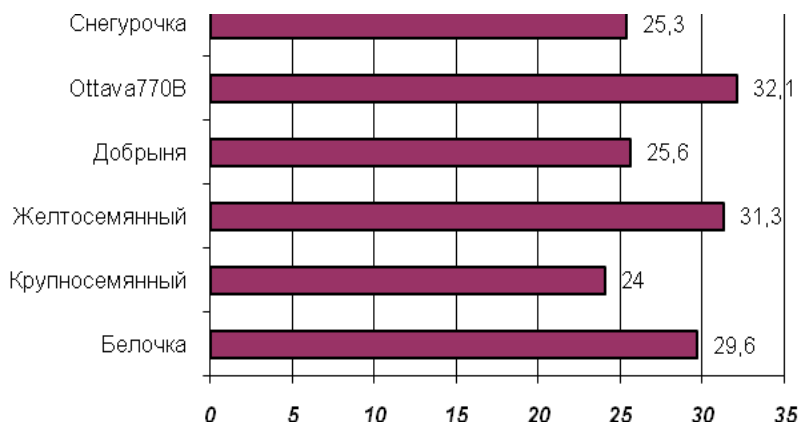


Рисунок 1 –Содержание масла в пробах, %

Таблица 1 – Жирнокислотный состав льняного масла

Жирная кислота	Содержание жирных кислот, %					
	Миристиновая, C14:0	Пальмитиновая, C16:0	Стеариновая, C18:0	Олеиновая, C18:0	Линолевая, C18:2	Линоленовая, C18:3
Белочка	0,3	5,6	3,5	26,1	14,4	50,1
Крупносемянный	0,2	4,9	4,0	25,1	14,8	50,3
Желтосемянный	0,2	5,4	3,5	25,5	12,2	52,4
Добрыня	0,4	5,8	4,9	18,4	14,0	56,2
Ottava	0,3	4,4	4,0	23,1	14,7	53,0
Снегурочка	0,3	4,8	3,6	24,0	16,2	50,7

Содержание отдельных жирных кислот в таблице 1 достоверно не различается, за исключением повышенного количества (до 56 %) линолевой кислоты и сниженного (до 18 %) олеиновой кислоты у образца Добрыня.

Содержание пальмитиновой кислоты у всех образцов находится примерно на одном уровне, а минимальное содержание стеариновой кислоты отмечено у сортов Белочка и Дагестан желтосемянный – 3,5 % и 3,5 % соответственно.

Из таблицы 1 видно, что быстрее масло будет высыхать у образцов Добрыня, Ottava 770 В, Желтосемянный.

Вовлечение выделенных образцов льна в селекционный процесс позволит создать высокоспециализированные сорта культуры и значительно расширит сферу использования льняного масла.

Долгое время льняные семена применялись только для изготовления масла. Сейчас спектр их использования значительно расширился. Льняное семя в настоящее время пользуется большой популярностью в качестве пищевой добавки. Из них получают льняную муку, добавляют в продукты питания, выпечку, используют в кондитерском производстве.

Льняная мука по своей ценности не уступает льняному маслу. Учитывая важную роль хлеба в традиционном питании населения нашей страны, целесообразно с его помощью обогащать рацион жизненно важными компонентами, которые способствуют улучшению здоровья и профилактике различных заболеваний.

Нами была получена льняная мука из семян образцов льна с различной окраской:

- коричневые (Тверцамут.);
- светло-коричневые (Белочка);
- желтые (Желтосемянный);

Муку получали путем размола чистых, предварительно прогретых для обеззараживания семян на лабораторной мельнице МЛ-3. Время помола – 60 сек. Полученную муку оценивали органолептически по следующим показателям: запах, цвет, вкус, величину помола и прилипаемость к стенкам мельницы.

Для использования в пищевых целях необходимо, чтобы льняная мука обладала следующими свойствами:

- Светлая окраска. Такой цвет более желателен при использовании ее в качестве добавки к различным продуктам, близкий к естественному, не ухудшает внешний вид продукта.

- Некрупный однородный помол. Это способствует равномерному распределению муки в продукте, не требует длительного перемешивания.

- Слабая или средняя прилипаемость к стенкам мельницы. Это связано с особенностями технологии получения льняной муки.

- Отсутствие постороннего и резкого запаха. Запах добавки не должен заглушать или изменять вкус первоначального продукта.

- Ясно выраженный приятный вкус, который бы в сочетании с другими продуктами не вызывал неприятных ассоциаций у потребителя.

Этим требованиям полностью отвечает мука, полученная из образцов Тверца, Белочка и Желтосемянный (таблица 2).

В дальнейшем необходимо обратить внимание на развитие направления изготовления продуктов на основе льняной муки, на составление российских ГОСТов на льняную муку.

Вовлечение выделенных образцов льна-долгунца в селекционный процесс позволит создать высокоценные сорта культуры и значительно расширить сферу использования семян льна.

Таблица 2 – Органолептическая оценка льняной муки, полученной из семян с различной окраской

Окраска семян	Образец	Свойства муки
1	2	3
Коричневая	Тверца	Запах – льняного масла, выражен слабее. Цвет "шоколадного печенья". Прилипаемость слабая. Помол мелкий, но присутствуют грубые частицы. Вкус приятный, напоминает льняное масло, слегка вяжущий, горьковатый.
Светло-коричневая	Белочка	Запах слабый, напоминает грецкий орех. Цвет песочный. Помол мелкий. Вкус сильно выраженный, маслянистый, сладковатый. Прилипаемость к стенкам средняя.
Желтая	Желто-семянный	Запах выраженный, льняной. Цвет светло-желтый. Помол мелкий. Прилипаемость средняя. Вкус выражен не сильно, сладковатый, маслянистый. Чувствуется легкий привкус муки или крахмала.

Вывод:

1. Жирнокислотный состав семян всех образцов изменялся мало. Количество масла у образцов Белочка (К-7786); Желтосемянный (К-6153); Ottawa 770 В (К-4035) варьируют в интервале 30 %, у образцов Крупносемянный (К-1210); Добрыня (К-1489) и Снегурочка (К-) – 25 %.

2. Для использования льняной муки в качестве пищевого продукта желательно, чтобы она была без постороннего запаха, имела светлую окраску, ясно выраженный приятный вкус. Этим требованиям из исследуемых образцов полностью отвечает мука, полученная из образцов Тверца, Белочка, Желтосемянный.

## USE OF SEEDS OF FLAX-LONG

**Keywords:** *flax-long, example, seeds, markers characteristics, fat-acid content.*

*The summary. In conditions of Northeast of Non-Black Earth Region of Russia the samples of flax received from collection VIR and VNIIL, as well as the selection samples created on faculty of plant growing of Vyatskaya State Agricultural Academy are studied. The assessment of some samples on fatly acid structure will allow using samples for food objectives.*

---

**СОФРОНОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА** – ассистент кафедры «Растениеводство» Вятской ГСХА, г. Киров, (sofronova@list.ru).

**SOFRONOVA ELENA SERGEEVNA** – the assistant of the chair of plant growing of Vjatskaya State Agricultural Academy (sofronova@list.ru).

---

А. А. НЕСТЕРЕНКО, А. И. РЕШЕТНЯК,  
Ю. В. ПОТОКИН, Н. В. ПОТЯСОВ.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСОПРОДУКТОВ

**Ключевые слова:** пектин, мясопродукты, тяжелые металлы, студень, лечебный эффект.

**Аннотация.** Тяжелая экологическая обстановка, вызванная загрязнением окружающей среды, отходами химических и микробиологических производств, широкое внедрение в медицину, ветеринарию и пищевые отрасли антибиотиков привели к снижению сопротивляемости организма к вредным факторам. Поэтому сегодня, как никогда ранее, возрастает роль пищевых добавок, обладающих защитным, диетическим и лечебно – профилактическим действием для всех категорий населения, и особенно детей. Одной из таких добавок является пектин.

Пектины – это высокомолекулярные полисахариды клеточных стенок, относящиеся к линейным коллоидам с длиной молекулы порядка  $10^4$  м. Доминирующим компонентом пектиновых полисахаридов является полиуроновая кислота. В случае высших растений это – полимеры, представляющие собою преимущественно неразветвлённые цепи остатков D-галактурановой кислоты, которых в высокомолекулярном пектине насчитывают от 300 до 1000 и более единиц, что соответствует молекулярной массе приблизительно от 50000 до 200000.

---

© Нестеренко А. А., Решетняк А. И., Потокин Ю. В.,  
Потрясов Н. В

Учитывая, что в пектиновых веществах помимо молекул полигалактуроновой кислоты присутствуют и другие соединения, принято считать пектином только, если в нем находится не менее 65 % галактуроновой кислоты, которая и определяет свойства пектина.

Пектин представляет собой смесь молекул с различной длиной цепи, которая по данным различных авторов имеют следующие значения: у пектина яблочного – 16000–20000, свекловичного – 10000–29400, корзинок подсолнечника – 18000–38000, цитрусового – 24000–38000, кормового арбузного – 36700–39000. Установлено, что молекулярная масса пектина зависит от вида сырья, его сорта и степени зрелости.

Существует зависимость между значением средней молекулярной массы пектина и его желирующей способностью: чем выше молекулярная масса, тем большей способностью к образованию прочного студня обладает данный пектин.

Пектин с молекулярной массой не менее 20000 в растворах образует в присутствии различных добавок термообратимый гель. Способность к студнеобразованию в присутствии сахара и кислоты определяется по количеству сахара, которое связывает единица пектина, образуя студень данной прочности [1].

Свойство пектина образовывать студни широко используется в кондитерской промышленности для производства желе, мармелада, пастилы, зефира и др. На этом свойстве основан и лечебный эффект пектина. Попадая в желудок в кишечный тракт, пектин образует гель, который, разбухая, обезвоживает пищеварительный тракт и, продвигаясь в кишечнике, захватывает токсичные вещества. Образующаяся при гидролитическом распаде пектина под действием микрофлоры кишечника галактуронозная кислота способствует детоксикации вредных веществ [2].

Пектиновые вещества применяют в медицине как лечебное и профилактическое средства, способствуя выведению из организма тяжелых и радиоактивных металлов. Радиопротекторные свойства пектина обусловлены наличием в нем свободных карбоксильных групп, связывающих радионуклиды в кишечнике с образованием стойких соединений, которые не всасываются в кровь и выводятся из организма. В связи с этим низкоэтерифицированный пектин обладает более ярко выраженными радиопротекторными свойствами по сравнению с высокоэтерифицированным.

Установлено, что наиболее эффективно выводят радионуклиды и катионы тяжелых металлов низкомолекулярные пектины со степенью этерификации не выше 25 %. Сочетание этого типа пектина с лечебными травами позволило создать новый тип высокоэффективных лечебно-профилактических продуктов.

Выявлено, что при разработке лечебных продуктов необходимо учитывать не только свойства добавляемого пектина, но и используемой растительной основы. Некоторые растительные полифенолы (кферцетин, рутин) усиливают способность пектина связывать катионы металлов, другие (танин)- снижают ее.

Использование пектина в композициях с лечебными травами позволяет повысить терапевтическое действие самого пектина и одновременно оказывают дополнительный лечебный эффект.

Выявлен комплекс физико-химических показателей пектина, определяющий устойчивый терапевтический эффект. Степень этерификации пектина определяет его способность влиять на биоценоз кишечника. Это влияние имеет этапный характер. На первом этапе происходит угнетение роста условно-патогенных этеробактерий, на втором – восстановление нормальной микрофлоры кишечника. Сте-



пень активации адгезивных свойств лактобацилл и бифидобактерий не зависит от степени этерификации и определяется качественным и количественным составом макромолекул пектина. Этот же показатель определяет иммунопотенцирующее действие пектина [3].

Клиническое исследование типов пектинов, проявляющих иммуностимулирующий и лечебный эффект при лечении острых желудочно-кишечных заболеваний с синдромом диареи, проведены в Киевском НИИ педиатрии, акушерства и гинекологии. Под наблюдением находились дети в возрасте от 6 месяцев до 1 года 3 месяцев. Установлено, что побочных явлений при приеме препаратов не наблюдалось. Пектин, предназначенный для лечения острых кишечных заболеваний, оказывает отчетливый и стойкий положительный эффект при кишечных дисбактериозах. Этот тип пектина рекомендован к применению в комплексе лечения детей с дисбактериозами, особенно вызванными химическими препаратами.

Эффективное применение пектин нашел как заменитель кровяной плазмы и кровоостанавливающее средство. Он повышает свертываемость крови при гемофилии. Гемостатические свойства пектиновых препаратов с успехом используются за рубежом при легочных кровотечениях, кровотечениях пищевода, желудка и кишечника. Пектины применяют для изготовления полуфабрикатов высокой степени готовности, готовых кулинарных изделий. Разработаны также новые виды пищевых продуктов с добавлением пектина: майонезные пасты, мороженое.

Основным показателем, характеризующим качество пектинового препарата, является содержание в нем галактуроновой кислоты. Вырабатываемый в промышленных условиях яблочный пектин имеет чистоту препарата 45–50 % [2].

Известны случаи положительного применения пектина для лечения больных костно-суставным туберкулезом и полиартритом. В силу своих лечебных свойств пектин является основой рационов профилактического питания и лечебных диет. Изучена возможность его использования для получения продуктов питания для лиц, контактирующих с токсическими веществами.

Исследования по скринингу пектиновых препаратов для купирования токсического отека легких на животных показали, что пектиновые препараты значительно повышают уровень активности антирадикальных и антиоксидантов ферментов в организме. Продукты с добавками свекловичного пектина эффективно действуют при ярко выраженном отеке легких. Пектинопрофилактика может быть рекомендована для профилактического питания людей, контактирующих с диоксидом азота.

С целью предотвращения эффекта сохранения минеральных веществ в продукте и снижения усвояемости железа организмом композиция на основе мяса цыплят механической обвалки и субпродуктов с яблочным пектином обогащали витамином С (контроль – композиции с витамином С без пектина) [1].

Аскорбиновую кислоту вносили в мясную массу в виде водного раствора, исходя из необходимости обеспечить такое содержание витамина в готовом продукте, которое могло бы удовлетворить суточную потребность детского организма (45–55 мг).

В композициях, подвергнутых тепловой обработке в интервале температур 90–120 °С, содержание витамина С зависело от температуры нагрева: при пастеризации (90 °С) контрольных образцов потери витамина составили – 14 %, а при стерилизации (120 °С) – 10 %. Уровень его сохранности был максимальным при пастеризации и составлял 72 % от исходного содержания [3].

Изучение влияния пектиновых веществ на сохранность витамина С в обогащенных им композициях из мяса показало, что добавление яблочного пектина к мясной массе обеспечивает сохранность его при пастеризации и стерилизации. Пектин и витамин С повышают степень усвоения железа, способствуют увеличению биологической эффективности мясных композиций.

На основе проведенных исследований сделано заключение о целесообразности использования пектинов в рецептуре мясных продуктов. В мясных продуктах целесообразно использовать пектиновые вещества в композиции с источниками железа и аскорбиновой кислоты, что усиливает лечебно-профилактический эффект продукта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Донченко Л. В. Технология пектина и пектинопродуктов. – ДеЛи, 2000. С. 255
2. Родионова Л. Я. Технология пектиносодержащих пищевых композиций функционального назначения. – Краснодар, 2004. С. 235
3. Шамкова Н. Т. Связывающая способность пектиносодержащих пищевых систем. – Известия вузов. Пищевая технология. 2006. № 5. С. 20-25

## USE OF PECTIN IN THE PRODUCTION OF MEAT PRODUCTS

**Keywords:** *pectin, meat products, heavy metals, student, medicine effect.*

**The summary.** *The heavy ecological conditions caused by environmental pollution by waste of chemical and microbiological manufactures, wide introduction in medicine, veteri-*

*nary science and food branches of antibiotics have led to decrease in resistibility of an organism to harmful factors. Therefore today, as never earlier, the role of the food additives possessing protective, diet and treatment-and-prophylactic action for all categories of the population and especially of children increases. One of such additives is pectin.*

---

**НЕСТЕРЕНКО АНТОН АЛЕКСЕЕВИЧ** – аспирант кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**РЕШЕТНЯК АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ** – к. т. н., доцент, декан факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**ПОТОКИНА ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА** – студентка IV курса факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**ПОТЯСОВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ** – студент I курса факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (icko199417@yandex.ru).

**NESTERENKO ANTON ALEKSEEVICH** – the post-graduate student of the chair of technologies of storage and processing of meat products of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**RESHETNYAK ALEXANDR IVANOVICH** – the candidate of technical sciences, the do-cent, the dean of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**POTOKINA YULIAY VLADIMIROVNA** – the student of the forth course of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**POTRYASOV NIKOLAY VASILIEVICH** – the student of the first course of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university. (icko199417@yandex.ru).

---

Н. С. ВОРОНОВА, А. Н. БЕРДИНА, Е. С. КУДЛАЕВА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ БЕЛКОВЫХ ИЗОЛЯТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОДСОЛНЕЧНЫХ СЕМЯН И ЖМЫХА**

***Ключевые слова:** белковый изолят, семена гибридного подсолнечника, жмых, функциональные свойства, биологическая ценность.*

***Аннотация.** Перспективным источником пищевого белка являются вторичные ресурсы масложировой промышленности, получаемые при переработке семян подсолнечника, в том числе подсолнечный жмых. Наиболее ценными свойствами подсолнечного жмыха являются высокое содержание белка, отсутствие токсичных и антипитательных веществ, низкая себестоимость.*

Перспективными видами растительного сырья для получения белковых препаратов считаются семена масличных культур: сои, подсолнечника, хлопчатника, рапса, горчицы, льна, кунжута, арахиса и др. [1, 4]. Необходимо отметить, что белки семян большинства масличных культур, обладают высокой питательной ценностью, несмотря на дефицит серосодержащих аминокислот [3].

Пищевая ценность растительных белков определяется, в основном, усвояемостью белков и составом незаменимых аминокислот. Человек испытывает потребность не просто в белках, а в определенном количестве незаме-

мых (не синтезируемых в организме) аминокислот – строительных блоков белка. Отсутствие хотя бы одной из этих аминокислот вызывает серьезные нарушения здоровья [1, 2]. Многочисленные исследования ученых показали, что из всех источников растительных белков аминокислотный состав белков масличных культур является наиболее совершенным. Целью работы является исследование химического состава семян гибридного подсолнечника и подсолнечного жмыха в качестве источников белковых веществ.

На начальном этапе работы ставилась задача определения и сравнения химического состава семян гибридного подсолнечника с различным жирнокислотным составом и подсолнечного жмыха как источников белковых веществ. В таблице 1 представлен химический состав исследуемых семян подсолнечника и подсолнечного жмыха.

Таблица 1 – Химический состав и относительная биологическая ценность исследуемых семян гибридного подсолнечника и подсолнечного жмыха, % СВ

Показатели	Объекты исследования		
	НК Брио	НК Ферти	Жмых подсолнечный
Влага	9,7	10,4	7,7
Целлюлоза	2,7	3,2	19,3
Белок (N×6,25)	24,6	33,1	35,9
Жир	59,7	57,2	17,7
Зола	3,5	3,7	6,4
Относительная биологическая ценность	113,6	115,2	104,7

В результате проведенных полевых исследований и изучения изменений жирнокислотного состава триацилглицеролов в процессе созревания гибридных семян под-

солнечника, было установлено, что семена гибрида НК Ферти содержат в составе запасных липидов - 78,5 % олеиновой кислоты, а семена гибрида НК Брио - 46,5 % линолевой кислоты, при этом содержание белка в семенах олеинового типа (НК Ферти) на 34,6 % выше, чем в семенах линолевого подсолнечника (НК Брио).

Исследуемый производственный жмых имел однородную структуру без посторонних примесей, без запаха, плесени и горечи. Содержание белка в подсолнечном жмыхе составляло 35,9 %.

Сопоставляя полученные данные по исследуемым объектам как источникам белковых изолятов, мы поставили перед собой задачу – сравнить белки, получаемые из семян подсолнечника и подсолнечного жмыха, определить их качество, функциональные свойства, целесообразность получения белковых продуктов.

В данной части работы получали белковые изоляты из семян гибридного подсолнечника с различным жирнокислотным составом НК Ферти, НК Брио и подсолнечного жмыха. Затем проводили сравнительный анализ их аминокислотного состава и относительной биологической ценности с использованием тест-организма Тетрахимены. Кроме того, были определены значения функциональных свойств полученных белковых изолятов для обоснования возможности их практического использования в качестве добавок в составе пищевых продуктов.

Для изучения были выбраны: водо- и жиродерживающая, жироземмулирующая и пенообразующая способности (соответственно ВУС и ЖУС, ЖЭС и ПОС), а также стойкость пены (СП). Данные функциональные свойства определяют технологические условия использования белковых добавок в составе пищевых продуктов.

Полученные белковые изоляты имели порошкообразную рассыпчатую консистенцию, цвет белый со слегка

сероватым оттенком, чистый обезличенный запах, кисло-ватый вкус. Основные характеристики полученных белковых изолятов гибридных семян и жмыха представлены в таблице 2.

Анализируя процентное содержание белка в полученных изолятах, следует отметить, что семена линолевого гибрида НК Брио по количеству белка – 69,9 % уступают изолятам из семян олеинового гибрида НК Ферти и производственного жмыха – 81,1 и 85,7 % соответственно. Возможно, более полному выделению белков при получении изолята из семян подсолнечника линолевого типа (высокое содержание высокомолекулярных жирных кислот, содержащих сопряженные двойные связи, обуславливающих их высокую реакционную способность) препятствует образование липид-белковых комплексов между белковыми молекулами и липидами, включающими непредельные жирные кислоты. Косвенно на это указывает высокое содержание прочно связанных липидов в семенах гибрида Брио – 69 %, против 46 % у семян гибрида Ферти.

Таблица 2 – Химический состав и относительная биологическая ценность полученных белковых изолятов гибридных семян подсолнечника и подсолнечного жмыха, % СВ

Показатели	Белковые изоляты:		
	НК Брио	НК Ферти	Подсолнечный жмых
Влага	7,0	7,1	7,8
Белок (N×6,25)	69,9	81,1	85,7
Жир	1,7	1,5	1,4
Целлюлоза	0,1	0,2	0,4
Зола	0,5	0,7	1,3
Относительная биологическая ценность	180	198	117



Анализируя полученные данные химического состава исследуемых белковых изолятов, можно говорить о том, что по химическим показателям белковый изолят, полученный из подсолнечного жмыха не уступает белковому изоляту из нативных семян подсолнечника.

Перспективность извлечения белков из подсолнечного жмыха связана со значительным их содержанием в сырье и аминокислотным составом, включающим все незаменимые аминокислоты. В таблице 3 приведены результаты исследования содержания аминокислот в составе запасных белков семян гибридного подсолнечника и белков подсолнечного жмыха.

Как показали результаты проведенных исследований, наиболее существенным изменениям в результате технологического процесса подвержены такие реакционноспособные аминокислоты, как фенилаланин, количество которого в жмыхе снижается до 32,42 мг/г, против 48,12 мг/г и 49,59 мг/г в исходных семенах.

Наблюдается также снижение первой среди дефицитных в растительных белках аминокислоты лизина с 16–17 % в белках исследуемых семян и до 12 % в белках подсолнечного жмыха. В тоже время в исследуемых образцах гибридов и жмыха высоко содержание глутаминовой и аспарагиновой кислот, что согласуется с данными К. Д. Швенке о значительном содержании указанных аминокислот в составе алейроновых зерен масличных семян и, как следствие, в производственном жмыхе [4].

Таблица 3 Аминокислотный состав белков подсолнечного жмыха и семян гибридов подсолнечника

Аминокислоты	Содержание аминокислот в белках подсолнечного жмыха и семян гибридов, мг/г белка		
	НК Брио	НК Ферти	Жмых
<b>Незаменимые аминокислоты</b>	313,27	338,68	252,72
В том числе:			
лизин	16,49	17,1	11,95
фенилаланин	48,12	49,59	32,42
лейцин	19,19	21,02	18,42
изолейцин	17,31	19,96	16,18
метионин	23,92	12,43	18,71
валин	47,07	49,73	42,76
гистидин	29,83	38,25	24,83
аргинин	45,23	47,96	43,03
треонин	46,11	46,64	44,42
<b>Заменимые аминокислоты</b>	505,34	504,5	456,04
В том числе:			
аланин	46,25	43,35	42,44
пролин	54,41	52,38	46,17
глицин	59,39	58,74	51,26
серин	45,90	46,72	42,73
γ-амино- кислота	155,22	156,59	148,70
аспарагиновая кислота	99,85	104,27	97,12
тирозин	34,32	32,45	27,62

В целом при прессовании подсолнечных семян значительно снижается суммарное содержание как незаме-

нимых, так и заменимых аминокислот в белках подсолнечного жмыха, очевидно за счет происходящих процессов денатурации белков под действием высоких температур.

Сравнение значений основных функциональных свойств исследуемых изолятов (таблица 4) показало необходимость дополнительной обработки белкового изолята из производственного подсолнечного жмыха.

Таблица 4 – Функционально-технологические свойства белковых изолятов гибридных семян и подсолнечного жмыха

Функциональные свойства, %	Белковый изолят:		
	НК Брио	НК Ферти	Подсолнечный жмых
ЖУС	320	280	150
ВУС	176	246	189
ЖЭС	75	70	48
ПОС	29	24	22
СП	41	46	43

Так у белковых изолятов семян гибридного подсолнечника ЖУС более чем в 2 раза, а ЖЭС в 1,5 раза больше чем у белкового изолята подсолнечного жмыха. Значения ВУС, ПОС и СП исследуемых белковых изолятов из обезжиренных гибридных семян и подсолнечного жмыха отличаются незначительно и находятся практически на одном уровне.

Таким образом, как показали результаты исследований, белковый изолят из подсолнечного жмыха по функциональным свойствам и относительной биологической ценности уступает изолятам из нативных семян.

В то же время, получение и модификация белковых изолятов из подсолнечного жмыха более технологически

целесообразны и экономически выгодны, по сравнению с использованием для этих целей масличных семян.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асватуриян Л. К., Минакова А. Д., Ксандопуло С. Ю. и др. Сортвые особенности белков семян рапса // Масложировая промышленность. 1985. №10. С.16-17.
2. Биохимия / Щербаков В. Г., Лобанов В. Г., Прудникова Т. Н., Минакова А. Д. /Под ред. Щербакова В. Г. – СПб: ГИОРД, 2005. С.472.
3. Щербаков В. Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. – 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 2003. 360 с.
4. Щербаков В. Г., Иваницкий С. Б. Производство белковых продуктов из масличных семян. М.: Агропромиздат, 1987. 152 с.

## **RESEARCH OF THE CHEMICAL COMPOUND AND FUNCTIONAL PROPERTIES ALBUMINOUS ISOLATES, RECEIVED FROM SUNFLOWER SEEDS AND THE OIL CAKE**

**Keywords:** *albuminous isolate, seeds of hybrid sunflower, the oil cake, functional properties, biological value.*

**The summary.** *Perspective source of food fiber are secondary resources the fat industries received at processing of seeds of sunflower, including a sunflower oil cake. The most valuable properties of a sunflower oil cake are the high content of fiber, absence toxic and antinutrients, a low net cost.*

---

**ВОРОНОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА – к. т. н., старший преподаватель кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (Natalya\_1306@mail.ru).**

**БЕРДИНА АННА НИКОЛАЕВНА – к. т. н., доцент кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (Natalya\_1306@mail.ru).**

**КУДЛАЕВА ЕКАТЕРИНА СЕРГЕЕВНА – студентка III курса факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (Natalya\_1306@mail.ru).**

**VORONOVA NATALIA SERGEEVNA – the candidate of technical sciences, the senior teacher of the chair of technologies of storage and processing of meat products of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (Natalya\_1306@mail.ru).**

**BERDINA ANNA NIKOLAEVNA - the candidate of technical sciences, the docent of the chair of technologies of storage and processing of meat products of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (Natalya\_1306@mail.ru).**

**KUDLAEVA EKATERINA SERGEEVNA - the student of the third course of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university. (Natalya\_1306@mail.ru).**

---

А. А. НЕСТЕРЕНКО, А. С. КАЯЦКАЯ

## ПОСОЛ МЯСА И МЯСОПРОДУКТОВ

***Ключевые слова:** посол мяса, интенсификация посола, модификация, мясопродукты, вкус.*

***Аннотация.** Применение различных модификаций посола, а также его сочетаний с другими технологическими операциями (варка, копчение, сушка и т.д.) позволяет получать из одного и того же сырья большой ассортимент продукции с широким спектром органолептических показателей и различным уровнем стабильности при хранении.*

Посол мясного сырья является одной из основных и определяющих операций технологического процесса производства мясопродуктов, в результате чего у изделий происходит формирование необходимых технологических и потребительских свойств: вкуса, аромата, нежности, цвета. Всё это происходит за счёт протекающих в мясном сырье процессов, таких как проникновение, распределение и накапливание в мясе посолочных веществ; изменение состояния белковых веществ и ферментных систем; изменение форм связи влаги, водосвязывающей способности и массы мяса; изменение микроструктуры; развитие химических и ферментативных процессов с образованием кусковых и ароматических веществ.

---

©Нестеренко А. А., Каяцкая А. С.

Современная технология посола мяса и мясных продуктов подразделяется на четыре отдельных вида: технология сухого посола, технология мокрого посола, технология смешанного посола, технология посола путем инъекции (способ Линьяка) [1]. Каждый из этих видов применяется в зависимости от вырабатываемого продукта, характера сырья, скорости технологического процесса и т. п.

При сухом способе мясопродукты натирают солью и укладывают в тару. Чем плотнее укладка, тем лучше качество продукта. Сухой посол даёт наиболее стойкий продукт при хранении, но имеет существенные недостатки. Мясо сильно обезвоживается, просаливается неравномерно, на вкус солёное и жёсткое, потери мясного сока достигают 8–12 %. Эти недостатки менее выражены при посоле жирных мясопродуктов, поэтому сухой способ применяется для посола шпика, груденок, окороков и языков, так как жировая ткань практически не теряет влагу.

Технология мокрого посола состоит в погружении мяса в рассол определенной крепости и состава, которые зависят от сорта мяса, скорости посола и температурного режима. Мокрый посол имеет некоторые преимущества перед сухим. Соль проникает в мясо быстрее и распределяется равномерно, продукт получается нежным и умеренно солёным. При указанном способе можно легко регулировать нужную концентрацию соли в продукте. Недостатком мокрого посола является высокая влажность солонины, что сокращает сроки её хранения.

При смешанном способе куски мяса натирают посолочной смесью и укладывают в бочки, затем закрывают и кладут груз. В течение 3-4 дней мясо уплотняется и выделяет сок, после этого его заливают рассолом. Этот способ применяют для получения солонины, предназначенной для длительного хранения. Она отличается хорошим

качеством, имеет умеренную соленость и стойкость при хранении.

Игольное инъецирование – наиболее распространенный сегодня способ интенсивного посола мясного сырья. К недостаткам указанного способа можно отнести сложность изготовления и очистки игл, высокое рабочее давление, а также особые требования к чистоте и физическим характеристикам посолочных рассолов. Преимущество состоит в интенсивном и равномерном распределении рассола в толще мяса.

Физико-химические изменения, происходящие в мясе в процессе посола, влияют на растворимость белков, степень их гидратации, изменяя тем самым водоудерживающую способность и структурно-механические свойства.

Известно, что основные посолочные ингредиенты воздействуют на мышечные белки двояким образом. С одной стороны, под влиянием хлорида и нитрита натрия изменяются гидратационные свойства белков и их растворимость, с другой – развиваются процессы цветообразования, связанные с накоплением нитрозопигментов.

Анализ публикаций показал, что характер изменения белковых веществ под действием хлорида натрия определяется способом посола, применяемыми методами интенсивной обработки сырья в процессе посола, качественными особенностями исходного мяса.

Проникая в мышечную ткань, ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$  активно присоединяются к функциональным группам белковых макромолекул и притягивают дополнительное количество диполей воды, и растворимость мышечных белков увеличивается. Преимущественное присоединение ионов  $\text{Cl}^-$  к положительно заряженным центрам смещает изоэлектрическую точку белков в кислую сторону, повышая тем самым их водосвязывающую способность. Кроме то-



го, хлорид натрия способен частично предотвращать ассоциированное взаимодействие между белками, характерное для начального периода автолиза мяса, за счет блокирования активных центров, что также способствует повышению водоудерживающей способности мяса.

Консервирующее действие поваренной соли обеспечивается созданием высокого осмотического давления, которое вызывает обезвоживание тканей продукта, обезвоживание и плазмолиз микробных клеток, в результате чего нормальная жизнедеятельность многих микроорганизмов невозможна. Они переходят в анабиотическое состояние, а иногда гибнут. Процесс посола основан на физическом законе диффузии. При соприкосновении мяса с раствором поваренной соли возникает обменная диффузия. При посоле мяса наблюдаются явления диффузии. Соль благодаря своей гигроскопичности, приходя в соприкосновение с мясом, поглощает влагу из него, образуя рассол. Диффузия рассола через полупроницаемую перепонку и клеточную оболочку мяса (мембрану) протекает по закону осмотического давления. При возрастании температуры осмотическое давление увеличивается. Поэтому при более крепком посоле мяса и при более высокой температуре процесс просаливания мяса будет протекать быстрее. Осмотическое давление рассола больше осмотического давления клеточного сока мяса, что ведет к выделению воды из клеток и переходу её в рассол. Процесс диффузии рассола протекает до момента установления равновесия жидкостей (рассола и составных частей мяса) и достижения необходимого равенства давления во всех своих частях (закон Паскаля).

Поваренная соль обладает в основном бактериостатическим, а не бактерицидным действием. Поэтому многие микроорганизмы, неспособные размножаться при высоких концентрациях хлористого натрия, сохраняют свою

жизнеспособность в условиях посола продолжительное время. Выживают некоторые патогенные бактерии, попадающие в рассол при посоле мяса больных животных. Например, листерии выживают в 24 %-ных рассолах более года, сальмонеллы – несколько месяцев, бруцеллы сохраняют свою жизнеспособность при посоле до 2 месяцев. Следовательно, посол не является надежным способом обезвреживания мяса больных животных. Для посола необходимо использовать только мясо свежее, доброкачественное, полученное от здоровых животных.

Поскольку значительная часть микроорганизмов, содержащихся в рассоле, способна размножаться при высоких концентрациях поваренной соли, посол должен проводиться при пониженной температуре (не выше 3–5 °С), которая является одним из факторов, обеспечивающих подавление жизнедеятельности этих микроорганизмов. Если для посола использовать высокие концентрации поваренной соли, мясо становится несъедобным даже после длительного вымачивания, кроме того, при этом наблюдается усиленное развитие солеустойчивой микрофлоры. Следовательно, соль надо применять в умеренном количестве.

Процесс получения продукта, с хорошо выраженными органолептическими свойствами, связан с жизнедеятельностью микроорганизмов, и в частности с молочнокислыми бактериями и микрококками. В результате их жизнедеятельности накапливаются и изменяются карбонильные соединения (ацетоин, диацетил), летучие жирные кислоты, спирты, аминокислоты и другие метаболиты, играющие определённую роль в образовании специфического аромата и вкуса, а также в улучшении цвета продукта.

В настоящее время в целях улучшения вкусовых качеств продукции и интенсификации технологического процесса посола используют культуры молочнокислых

бактерий и микрококков, адаптированных к условиям посола. Так, сотрудниками ВНИИМПа (Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности) разработан метод ускоренного посола окороков с использованием определённых штаммов солеустойчивых молочнокислых бактерий (*L. plantarum*, *Str. lactis*), выделенных из рассолов. Предложенный метод позволил интенсифицировать процесс посола окороков, в результате сокращения выдержки в рассоле.

С целью ускорения процесса посола мясо измельчают. Широкое распространение получил агрегат, в состав которого входит волчок, дозаторы сухих посолочных веществ или их растворов и мешалка периодического или непрерывного действия. В случае применения рассола он может подаваться непосредственно в область режущего механизма волчка в шнековый смеситель, устанавливаемый на выходе из волчка, или в мешалку [2].

Увеличение размеров кусков мяса замедляет процесс распределения посолочных ингредиентов и соответственно повышает сроки выдержки мяса в посоле (при +2...+4 °С). Например, при степени измельчения 2–3 мм выдержка вареных колбас составляет 6–12 часов, а 16–25 мм – 24 часа.

Ещё один способ интенсификации – шприцевание. Для ускорения проникновения и распределения соли часть рассола вводят в толщу мяса этим методом. Шприцуют рассол 5–10 уколами в толщу мышц. Этот способ гигиеничен, экономичен во времени, обеспечивает равномерное распределение соли и сохранение качества продукта. Раствор для шприцевания готовят более высокой концентрации, чтобы не вводить в мясо с солью много воды [2].

Существует также струйный (безыгольный) способ инъектирования. Он осуществляется интенсивным гидромеханическим струйным воздействием на мякотную

ткань. Струйный метод ускоряет не только посол, но и созревание мяса. Процесс гидромеханического воздействия заключается в «пробивании» мышечной ткани на некоторую глубину высокоскоростной струёй жидкости, приобретающей свойства иглы. Этот способ инъектирования рассолов применим как для бескостных, так и костных мясопродуктов.

Результаты исследований свидетельствуют о проникновении струи не только в межволоконное пространство, как при шприцевании, но и во внутрь мышечного волокна. Такой характер распределения рассола способствует увеличению выхода готовой продукции на 2–2,5 %.

Увеличение проницаемости сырья для рассола может быть также достигнуто за счет применения механической (ножевой, игольной) тендеризации и/или массирования мяса перед шприцеванием; разрыхления структуры сырья путем введения в него газов одновременно (или параллельно) с рассолами; применения электромассирования, т.е. обработки кусков парного сырья, нашприцованного рассолом, импульсным электрическим током со скважностью 0,4–0,6 св течение 8–20 мин. Всё это приводит к существенным изменениям структуры мяса, перераспределению компонентов рассола, ускорению биохимических процессов. Последовательное использование электрического и механического массирования в значительной степени ускоряет процесс созревания: величина рН у сырья в итоге достигает уровня 5,6–5,7 через 4 часа обработки, в то время как при традиционных условиях посола – через 12–18 часов [1].

Успешность посола мяса и мясных фабрикатов требует учёта химического состава, консистенции, гистологического строения и свойств мяса и мясных фабрикатов, как химических (ферментативных и бактериальных) реак-

ций, происходящих в них, так и диффузионных и осмотических явлений в процессе посола.

Перспективным направлением в решении задачи совершенствования процесса посола является создание и внедрение новых эффективных технологий и высокопроизводительного оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вербицкий С. Б., Шевченко В. В. Игольные иньекторы и массажеры мяса // Мясной бизнес. № 4. 2011. 18 – 19 с.

2. Рогов И. А., Забашта А. Г., Казюлин Г. П. Технология мяса и мясных продуктов. Книга 2. Технология мясных продуктов – М.: КолоС, 2009. 711 с.

## PICKLES OF MEAT AND MEAT PRODUCTS

**Keywords:** *pickles of meat, intensification of pickles, modification, meat products, taste.*

**The summary.** *Application of various modifications of pickles, as well as its combinations to other technological operations (cooking, smoking, drying, etc.) allows receiving from the same raw materials the big assortment of production with a wide range of organoleptical parameters and a various level of stability at storage.*

---

**НЕСТЕРЕНКО АНТОН АЛЕКСЕЕВИЧ** – аспирант кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**КАЯЦКАЯ АНАСТАСИЯ СЕРГЕЕВНА** – студентка I курса факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nastja-m-23@mail.ru).

**NESTERENKO ANTON ALEKSEEVICH – the post-graduate student of the chair of technologies of storage and processing of meat products of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).**

**KAYATSKAYA ANASTASIYA SERGEEVNA - the student of the first course of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university. (nastja-m-23@mail.ru).**

---

А. А. НЕСТЕРЕНКО, А. И. РЕШЕТНЯК,  
Ю. В. ПОТОКИНА

## ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА ПРИ ХРАНЕНИИ МЯСОПРОДУКТОВ

**Ключевые слова:** озонирование, хранение, выдержка, мясопродукты, сушка.

**Аннотация.** Среди продуктов мясной промышленности особое место принадлежит колбасным изделиям, производство которых в нашей стране непрерывно возрастает. Из колбасных изделий, поступающих на реализацию, значительную часть составляют сырокопченые колбасы. Большой срок сушки сырокопченых колбас заставляют разрабатывать новые, более совершенные методы сушки, в частности с использованием озона. Применение озона может способствовать решению проблем улучшения качества мяса при переработке.

Исследованиями по использованию озона при холодильном хранении мяса специалисты начали вплотную заниматься с начала 30-х годов XX века. По данным Каеса, оптимальная концентрация  $O_3$  для хранения охлажденного мяса равна  $10 \text{ мг/м}^3$  ( $\tau = 2-3 \text{ ч/сут}$ ). Кэффорд отмечает, что эффект от действия озона ( $C=10 \text{ мг/м}^3$ ) достигается тогда, когда применение его начинается в период лаг-фазы развития бактерий и когда поверхность мяса имеет корочку подсыхания. По результатам, полученным Эльфордом и Ван

ден Энде, благоприятной концентрацией  $O_3$ , применяемой при созревании мяса, является  $0,02-0,2 \text{ мг/м}^3$ , Евелл указывает на то, что охлажденное мясо хорошо сохраняется при  $C=4-6 \text{ мг/м}^3$  и  $\tau=3$  ч в сутки. По данным Хайнеса, озон ( $C=20 \text{ мг/м}^3$ ) не предотвращает ослизнения мяса. Тухш-найд применял озон на ленинградских холодильниках в камерах хранения яиц, мяса, используя концентрацию  $3-6 \text{ мг/м}^3$  [1].

По данным [2], перед закладкой свежей говядины на длительное хранение ее подвергают специальному процессу старения, заключающемуся в том, что при  $20^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха около  $85\%$ , мясо выдерживают в течение  $42-44$  ч. При этих условиях происходит созревание говядины в результате действия присутствующих в мясе энзимов, которые размягчают ткань и мышцы. После такой обработки говядину выдерживают при  $4^\circ\text{C}$  в течение трех недель. В этот период происходит активная деятельность бактерий и спор, вызывающих гниение продукта. Опыты показали, что для их уничтожения достаточна концентрация озона примерно  $0,8 \text{ мг/м}^3$  при относительной влажности не выше  $60-90\%$ . Приведенные данные литературного обзора носят противоречивый характер в отношении эффективности и целесообразности применения озона при холодильном хранении мясопродуктов. Однако ряд исследователей считают, что для подавления микроорганизмов, вызывающих порчу мяса, необходимы высокие концентрации озона  $C = 3,88 \text{ г/м}^3$  [2]; при этом после 20-минутной экспозиции при объемном расходе озono-воздушной среды  $3,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  и температуре  $37, 20$  и  $10^\circ\text{C}$  микробная обсемененность снижается соответственно на  $90,5; 90,5$  и  $86\%$ . Данные по количественному составу остаточной микрофлоры после 5 – минутной обработки озono-воздушной средой объемным расходом



5,29·10<sup>5</sup> м<sup>3</sup>/с и концентрацией озона 2,48 г/м<sup>3</sup> представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественный состав остаточной микрофлоры после озонирования

Микроорганизмы	Количество выживших микроорганизмов, %
Microbacterium	10,9
Lactobacilli	21,8
Corynebacterium	1,82
Pseudomonas pitida, pseudomonas sporum	3,64
Pseudomonas putrefaciens	-
Acinebacter	1,82
Flavobacterium	3,64

Исследования по применению озона проведены также в Санкт-Петербургской государственной академии холода и пищевых технологий, ВНИТИПе, МГУПБе и др. В результате исследований [1] установлено, что хранение охлажденной говядины при 0–1 °С целесообразно осуществлять при озонировании с концентрацией озона 10–20 мг/м<sup>3</sup> по 4 ч в начальный период хранения в течение 4 суток. Сроки хранения мяса с исходным содержанием бактерий 10<sup>2</sup>–10<sup>3</sup> на 1 см<sup>2</sup> увеличиваются до 5 суток. Ингибирующее действие озона на мясо с начальным содержанием бактерий 10<sup>5</sup> на 1 см<sup>2</sup> значительно снижается. Озон не оказывает влияния на качественный состав поверхностной микрофлоры мяса.

Выявлено также, что озон практически не оказывает влияния на качественный состав свободных жирных кислот липидов мяса при исследуемых условиях озонирования, а также на скорость гидролитических и окислительных процессов при концентрациях 10–11 мг/м<sup>3</sup>. После

окончания цикла озонирования достаточно применять озон концентрацией 4,0–6,0 мг/м<sup>3</sup> по 3 ч в день через двое суток [1].

В камере с температурой 0–2 °С при хранении охлажденного мяса в атмосфере озона, генерируемого озонатором (1,5 мг/ч), начало порчи баранины отмечено на 6-е сутки (вместо 3 суток для контрольных образцов), свинины - на 10-е сутки (вместо 6 суток для контрольных образцов)[3].

Среди продуктов мясной промышленности особое место принадлежит колбасным изделиям, производство которых в нашей стране непрерывно возрастает. Из колбасных изделий, поступающих на холодильное хранение распределительных холодильников, значительную часть (примерно 60–70 %) составляют сырокопченые колбасы.

Для разработки оптимального режима озонирования колбас Г. Я. Резго и М. А. Габриэльянц изучали действие озона на микроорганизмы и липиды с целью выбора минимальной концентрации озона и продолжительности его воздействия на них.

Результаты экспериментов привели нас к выводу о замене ежедневного озонирования периодическим. Выявлено также, что озонирование камер при концентрации озона 3–5 и 8–10 мг/м<sup>3</sup> не способствует активизации гидролитических и окислительных процессов в жире сырокопченых колбас, в процессе хранения при температурах – 4–2 и 0–2 °С. Озон концентрацией 15–20 мг/м<sup>3</sup> заметно катализирует окислительные процессы в жире, вследствие чего указанная концентрация озона не рекомендуется для озонирования камер хранения сырокопченых колбас [5].

В процессе сушки сырокопченых колбас соотношение классов липидов меняется особенно заметно в неозонируемых и озонируемых камерах при концентрации озона 15–20 мг/м<sup>3</sup>. Качественный жирнокислотный состав липи-

дов сырокопченых колбас в процессе хранения их в неозонируемой и озонируемой камерах остается постоянным, а количественное содержание липидов уменьшается, причем в меньшей степени – липидов колбас, обрабатываемых озоном концентрацией 3–5 и 8–10 мг/м<sup>3</sup>, по сравнению с контрольными образцами и образцами, обрабатываемыми озоном концентрацией 15–20 мг/м<sup>3</sup>. Количественные изменения в липидах периферийного слоя фарша колбас более существенны, чем в липидах внутреннего слоя, независимо от режима хранения. Остаточное содержание фенолов в сырокопченых колбасах, обрабатываемых озоном концентрацией 3–5 и 8–10 мг/м<sup>3</sup>, в процессе всего периода хранения их (до 120 суток) выше, чем в не обработанных озоном колбасах, что обуславливает их стойкость, а также аромат и вкус копчения. В процессе хранения сырокопченых колбас уменьшается содержание белкового азота и увеличивается небелковый. В большей степени эти изменения протекают в колбасах, хранившихся в неозонируемых и озонируемых (концентрация озона 15–20 мг/м<sup>3</sup>) камерах. Установлено также, что в процессе хранения сырокопченых колбас интенсивность окраски батонов снижается. Более значительное обесцвечивание колбас наблюдается при хранении их в озонируемых камерах (концентрация озона 15–20 мг/м<sup>3</sup>) и в неозонируемых.

На основании органолептических, физико-химических и микробиологических исследований авторы рекомендуют следующие предельные сроки хранения сырокопченых колбас: при -7...-8 °С в неозонируемой камере в течение 55 суток; в озонируемой камере при концентрации озона 3–5 и 8–10 мг/м<sup>3</sup> – 90 суток; при 0–2 °С – соответственно 18 и 35 суток. При этом озонирование камер осуществляется 2 раза в неделю по 4 ч. Рекомендуется также для предотвращения заснеживания и замораживания

сырокопченых колбас при длительном хранении повысить температуру хранения с  $-6...-8$  до  $-2...-4$  °С.

В Санкт-Петербургской государственной академии холода и пищевых технологий (С.-ПбГАХиПТ) проведены исследования по изучению влияния озона на хранение сырокопченых колбас. Установлено, что для хранения сырокопченых колбас в озонируемой среде необходима концентрация озона  $10-15$  мг/м<sup>3</sup> при ежедневном озонировании по 3 ч в начальный период хранения в течение 5 суток. Сроки хранения при температурах 4 и  $-1$  °С составляют соответственно 25 и 70 суток, в отсутствие озонирования сроки хранения сырокопченых колбас при температурах 4 и  $-1$  °С - 15 и 30 суток соответственно. После окончания цикла озонирования достаточно применять озон концентрацией  $4,0-6,0$  мг/м<sup>3</sup> по 3 ч в день периодически через 3 и 5 суток при температуре соответственно 4 и  $-1$  °С [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева М. А. Влияние ИК- и СВЧ-нагрева на жиры говяжьего мяса / М. А. Беляева // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2004. №5. С. 58.

2. Микробиология, санитария и гигиена. Учебник для вузов / К. А. Мудрецова-Висс, А. А. Кудряшова, В. П. Дедюхина.- Владивосток: Издательство ДВГАЭУ, 1997. С. 82.

3. Рущкий А.В. Холодильная технология обработки и хранения продовольственных продуктов. – Минск: Высш. шк. 2003. 112 с.

4. Тимченко Н. Н., Авдеева Т. В., Михайлова М. Г. Биотехнологические способы обработки мясного сырья. – В сборнике научных трудов КубГТУ «Совершенствование технологии переработки сырья животного и растительного происхождения». – Краснодар: КубГТУ, 2002. С. 32.

5. Blum. M. Food Fortification – An Important Tool in Designing Foods for Better Health. F1 Europe, 1995.P. 192. Foodcrops and shortages, 2000, 3, FAO. Global inform, and early warningsystem on foodahda agriculture.

## USE OF OZONE IN STORAGE OF MEAT PRODUCTS

**Keywords:** *ozoning, storage, keeping, meat products, drying.*

*The summary.* Among some meat products of industry bacon products occupies main place; the production of it is increasing. It includes the smoking sausages form all realizing products. Long time of drying makes find new methods of drying, especially with use of ozone. Use of ozone can decide some problems of improving meat quality in redoing.

---

**НЕСТЕРЕНКО АНТОН АЛЕКСЕЕВИЧ** – аспирант кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**РЕШЕТНЯК АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ** – к. т. н., доцент, декан факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**ПОТОКИНА ЮЛИЯ ВЛАДИМИРОВНА** – студентка IV курса факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**NESTERENKO ANTON ALEKSEEVICH** – the post-graduate student of the chair of technologies of storage and processing of meat products of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**RESHETNYAK ALEXANDR IVANOVICH** – the candidate of technical sciences, the docent, the dean of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**POTOKINA YULIAY VLADIMIROVNA** – the student of the forth-courseof the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

---

А. И. РЕШЕТНЯК, Д. К. ПАНОВ

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ УСКОРЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОКОПЧЕНЫХ КОЛБАС

***Ключевые слова:** добавка, обработка, стартовая культура, гель, микробиологическая обсемененность.*

***Аннотация.** В большинстве регионов России наблюдается спрос на сыровяленную и сырокопченую продукцию. Строительство больших площадей и долгий технологический процесс созревания и сушки сказываются на стоимости готового продукта. Сегодня для ускорения технологического процесса используют различные методы, среди которых ведущее место занимают внесение добавки глюконо-дельта-лактон с одновременным внесением стартовой культуры, содержащей молочнокислые бактерии, и технология введения белка «Пурина 500Е» с использованием бактериальных заквасок.*

В большинстве регионов России наблюдается спрос на сыровяленную и сырокопченую продукцию. Цена на данную продукцию одна из самых высоких, она складывается из стоимости сырья, а также – из продолжительности производства. Строительство больших площадей, долгий технологический процесс созревания и сушки (от 20 дней) сказываются на стоимости готового продукта.

Для ускорения процесса созревания и сушки сырокопченых колбас используют добавки ГДЛ и белок «Пурина 500Е».

ГДЛ – глюконо-дельта-лактон (эфир глюконовой-кислоты, E575), который применяется с одновременным внесением стартовой культуры, содержащей молочнокислые бактерии (LAB).

Глюконовая кислота изготавливается способом ферментации декстрозы. Когда глюконовую кислоту выпаривают и высушивают, образуется ГДЛ. Он легко растворяется в воде и умеренно растворяется в спирте, в результате чего получается равновесный раствор глюконовой кислоты и гамма- и дельта-лактонов. Это соединение представляет собой тонкоизмельченный кристаллический порошок без запаха, практически свободный от инородных примесей.

Глюконо-дельта-лактон считается добавкой, безопасной для здоровья человека. Его разрешено использовать в пищевой промышленности в большинстве стран в качестве пищевой добавки с маркировкой «E575». Таким образом, в целях ускорения процесса созревания и сушки при производстве сырокопченых колбас использовать ГДЛ вполне приемлемо, но единственным недостатком является кисловатый привкус при длительном хранении выработанного продукта.

Новая технология введения белка «Пурина 500Е» с использованием бактериальных заквасок дает возможность протекания контролируемой быстрой ферментации, при этом снижается и время сушки.

При использовании этой технологии, улучшается экономичность производства сырокопченых колбас. Достигается это за счет повышения выхода продукта при одновременном снижении затрат, улучшается связывание между частицами жира и мяса.

**Технология применения ГДЛ.** Для достижения оптимального качества не рекомендуется использовать сырье с высоким значением рН (выше 5,7). В качестве жирного сырья нельзя использовать легкоплавкий жир. Сырье должно быть в кусках, пригодных для измельчения в куттере и иметь температуру  $-5 - (-7) ^\circ\text{C}$ .

В зависимости от продукта, рецептура может содержать от 10 до 20 % нежирного сырья, измельченного на решетке с диаметром отверстий 3 мм (с температурой примерно  $0 ^\circ\text{C}$ ).

На кафедре «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции» факультета перерабатывающих технологий проводились опытные выработки с применением ГДЛ и стартовых культур по следующей технологии.

**Механическая обработка.** Нежирное сырье, функциональную добавку, стартовую культуру, пряности помещаем в куттер и измельчаем до размера зерна 6–8 мм.

После этого в процессе куттерования в куттер последовательно подаем жирное сырье, нитрит натрия, охлажденное сырье. Соль добавляем в конце куттерования или ранее, когда масса начинает связываться. Температура готового фарша должна быть не выше  $0 ^\circ\text{C}$ , так как сразу после его выработки наполняется оболочка для придания формы. Затем изделия направляются на созревание.

Осадку проводим при температуре  $15-20 ^\circ\text{C}$  в течение 12 часов для выравнивания температуры и образования окраски.

Последующее созревание проводим в камере посола при температуре  $0-7 ^\circ\text{C}$  в течение 72 часов, затем подсушиваем при  $20-24 ^\circ\text{C}$  в течение 2–3 часов, коптим при температуре  $18-22 ^\circ\text{C}$  до требуемого цвета.

После копчения сушим в климакамере сначала при температуре  $15-18 ^\circ\text{C}$  и плавном снижении влажности с 88



до 78 % в течение 72 часов, затем в камере созревания при температуре 12–18 °С и влажности 73–77 % до готовности (около 4–6 суток).

**Технология приготовления белка «Пурина 500Е».** Наибольшая эффективность добавки «Пурина 500Е» проявляется при его добавлении в виде геля: вода соотношением белка равным 1:3,5 – 1:4.

**Процесс получения белка в виде геля.** Белок «Пурина 550Е» измельчают в куттере в присутствии 3,5–4 частей воды до полной гидратации (примерно 1–2 минуты). При этом получается гладкая блестящая кашицеобразная масса.

Затем к этому гелю добавляют кровь в количестве примерно 2 % с целью компенсировать цвет. Хорошим способом является совместное измельчение сердца с гелем. Сердце обеспечивает хорошую пигментацию, является высококачественным субпродуктом, повышает экономичность производства. В этом случае сердце используется в количестве 10–20 %.

Гель способен приобретать необходимую окраску и при добавлении натуральных окрашивающих специй, например, паприки. В последнюю очередь в куттер вводят 2–3 % соли и 70–150 мг/кг нитрита.

Вышеуказанная методика обеспечивает получение прочного геля, который можно хранить в условиях охлаждения (до +2 °С) в течение определенного периода времени, либо его можно замораживать. Примерно 5–12 % полученного таким образом геля можно вводить в мясной фарш [1, с.156].

**Технология применения белка «Пурина 500Е».** Измельчают мясное и жировое сырье до нужного размера частиц с помощью куттера. Используемое сырье должно иметь температуру не более -2 °С во время измельчения, для этого применяют твердозамороженный жир. Это нуж-

но для того, чтобы обеспечить получение отдельных частей.

Гель белка «Пурина 500Е», охлажденный, а лучше замороженный, загружают в куттер совместно с мясным и жировым сырьем. При достижении необходимого размера частиц сырья вносят специи, соль и другие ингредиенты, после чего продолжают измельчение в течение некоторого периода времени до достижения соответствующего перемешивания и до нужной степени окончательного измельчения [2, с. 345].

Для получения частиц небольшого размера (до 6 мм) рекомендуется использовать только куттер.

При применении волчка мясо и жир смешивают с другими ингредиентами в миксере. При этом следует соблюдать осторожность и не допускать размазывания жира. Рекомендуется вводить в миксер свежий гель белка «Пурина 500Е» и воды, чтобы гарантировать хорошее качество его распределения. Рекомендуется это в тех случаях, когда продукт является крупноизмельченным.

Созревание колбас проводят в помещениях с контролируемыми атмосферными условиями. Некоторые предприятия предпочитают выдерживать фарш на лотках в процессе перед набивкой его в оболочку.

Примером хорошего быстрого процесса созревания для фарша, содержащего бактериальные закваски, является созревание в течение 24 часов при 24 °С и при относительной влажности 95 % или 24 часов при 22 °С и при относительной влажности 90 %.

После процесса созревания колбасы сушат при 150 °С и относительной влажности 75 % в течении 2–3 недель.

По результатам опытов с использованием ГДЛ готовые изделия подвергли исследованиям. Изучали органолептические, физико-химические, технологические, бактериологические показатели.

Во время анализа полученных образцов отмечались следующие положительные свойства опытных образцов в сравнении с контролем:

- улучшение товарного вида опытных образцов;
- ускорение и стабилизация развития окраски мясного фарша, что сокращает время термообработки на 50 %.
- снижение дозировки нитритов (при этом снижается риск образования нитрозоаминов) ;
- подавление неблагоприятной и патогенной микробной флоры;
- увеличение срока хранения.

Применение белка «Пурина 500Е» приводит к подобным результатам, при этом отмечается возможность экономии мясного сырья и, как правило, повышение экономичности производства.

Нами были описаны две основных технологии ускоренного и более экономичного производства сырокопченых колбас. При правильном использовании этих способов, подборе качественного сырья и специй, а также добросовестном исполнении технологических режимов и введении добавок по инструкции можно добиться получения готового продукта уже через 21 день.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грачева И. М., Кривова А. Ю. Технология ферментных препаратов. М.: Элевар, 2000. С. 512.
2. Лисицын А. Б., Липатов Н. Н., Кудряшов Л. С. Производство мясной продукции на основе биотехнологии./ Под ред. академика РАСХН Липатова Н. Н. М.: ВНИИМП, 2005. С.78.

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS  
OF TECHNOLOGIES  
WITH ACCSELERATING PRODUCTION  
OF SMOKING SAUSAGES**

***Keywords:** adding, processing, starting culture, gel, microbiological cropping.*

***The summary.** In Russia there is a great demand for smoking sausages. Building of big areas and long technological periods of drying influence to price of goods. Nowadays there are a lot of methods of improving of technological processes, one of which is adding gluco-delta-lacton with adding starting culture, consisting milk bacteria and technology of adding amine “Purina 500E” with use of bacteria ferments.*

---

**РЕШЕТНЯК АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ** – к.т.н., доцент, декан факультета перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета ([nesterenko-aa@mail.ru](mailto:nesterenko-aa@mail.ru)).

**ПАНОВ ДМИТРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ** – студент, Кубанский государственный аграрный университет ([romantic-7@mail.ru](mailto:romantic-7@mail.ru)).

**RESHETNYAK ALEXANDR IVANOVICH** – the candidate of technical sciences, the docent, the dean of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; ([nesterenko-aa@mail.ru](mailto:nesterenko-aa@mail.ru)).

**PANOV DMITRY KONSTANTINOVICH** – the student of Kuban` State agrarian university. ([romantic-7@mail.ru](mailto:romantic-7@mail.ru)).

---

А. М. ПАТИЕВА, С. В. ПАТИЕВА, В. А. ВЕЛИЧКО.

## **ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ШПИКА СВИНЕЙ ДАТСКОЙ ПОРОДЫ**

***Ключевые слова:** биологическая ценность, свинина, генотип, мясо, шпик, мясные продукты специального назначения.*

***Аннотация.** Изучен жирнокислотный состав шпика свиней датской селекции. Дано медико-биологическое обоснование использования шпика в качестве основного сырья для производства мясных изделий специального назначения.*

В проекте «Основы политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года» определены приоритетные направления по оздоровлению населения Российской Федерации:

– фундаментальные исследования в области науки о питании, включая современные научные подходы к качественному составу сырья и готовой продукции;

– развитие агропромышленного комплекса и увеличение продовольственных ресурсов повышенной пищевой и биологической ценности;

– научно-исследовательские работы по созданию новейших пищевых технологий;

– разработка и внедрение ассортимента высококачественных, конкурентоспособных продуктов на основе мясного сырья

– мониторинг состояния питания населения на федеральном уровне, включая вопросы безопасности и оценки риска развития распространенных алиментарно-зависимых заболеваний.

Многочисленные исследования, проведенные в различных регионах мира, с достаточной убедительностью показали тесную коррелятивную связь между структурой питания населения, заболеваемостью и смертностью. Поэтому бесспорное значение в лечении и профилактике заболеваний и основных факторов риска их возникновения придается специализированным продуктам питания [1, 2], к числу которых относятся диетические (лечебно-профилактические) и функциональные продукты.

Болезни сердца и системы кровообращения находятся в России на первом месте среди причин смертности. По данным ВОЗ наша страна находится на третьем месте по уровню смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, которая составляет около 60 % от общей смертности, а ИБС (ишемическая болезнь сердца) и мозговой инсульт являются причиной смертности в 90 % случаев [6].

Проектирование рецептурных композиций с определенными биологическими параметрами и заданным химическим составом требует использование основного сырья, соответствующего качественным характеристикам.

Пищевая и биологическая ценность мясных продуктов специализированного назначения во многом зависит от количества и качества жиров, входящих в состав рецептурных композиций.

Модификация жировой части рациона оказывает заметно больший лечебный эффект по сравнению с другими пищевыми веществами.

Биологическая ценность животных жиров (триглицеридов) характеризуется тем, что, являясь источником энергии в организме, они содержат некоторое, хотя и не-

большое количество полиненасыщенных жирных кислот линолевой и арахидоновой, которые не синтезируются организмом человека и относятся к незаменимым факторам питания. Исключение этих кислот из рациона приводит к расстройствам здоровья людей и животных.

Данные о содержании жирных кислот, в том числе полиненасыщенных в жирах животного и растительного происхождения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание жирных кислот в мясных продуктах, растительных и животных жирах

Показатели	Содержание (г на 100 г продукта)				
	В жире		В мясе цыплят- бройлеров	В масле	
	гов- вяжь- ем	сви- ном		Сливоч- ном не- соленом	Под- солнеч- ном ра- финиро- ванном
Сумма липидов	99,70	99,70	5,20	82,5	99,90
Триглицериды	98,30	99,20	4,29	81,93	99,20
Фосфолипиды	1,25	0,33	0,89	0,38	-
Холестерин	0,11	0,10	0,01	0,19	-
Сумма жирных кислот, в том числе % к сумме жирных кислот: Насыщен- ные	94,70	95,80	4,36	77,96	94,90
	50,90	39,64	1,40	50,25	11,30

Продолжение таблицы 1

Монона- сыщенные, в том числе	40,60	45,56	2,07	26,79	23,80
олеиновая	36,50	43,00	1,68	22,73	23,70
Полинен- сыщенные, в том числе	3,20	10,60	0,89	0,91	59,80
линолевая	2,50	9,40	0,81	0,84	59,80
линоленовая	0,60	0,70	0,05	0,04	-
арахидоновая	0,10	0,50	0,03	-	-

Жиры являются растворяющей средой для жирорастворимых витаминов. Полностью обезжиренная пища приводит к заболеваниям, которые возникают при недостатке в рационе человека жирорастворимых витаминов. Существенное значение имеет соотношение белков и жиров. С одной стороны, жиры в больших количествах тормозят секрецию желудка, удлиняют латентный период секреции, уменьшают количество желудочного сока, содержание в нем пепсина и его кислотность. С другой стороны, они стимулируют выделение поджелудочной железой панкреатического сока. Однако при чрезмерно большом количестве жира в рационе содержание трипсина в соке уменьшается. Таким образом, наличие жира в мясных продуктах, если оно не превышает оптимальных пределов, способствует усвоению белковой части продукта.

Одним из важнейших показателей нутриентной адекватности сырья и готовых продуктов питания является жирнокислотная сбалансированность их липидов, характеризующая адекватность набора и соотношения жирных кислот выбираемому эталону, и оцениваемая по критериям рациональности жирнокислотного состава [2, 3].



$$R_l = \left[ \prod_{i=1}^n \left( \frac{L_i}{L_{\Sigma i}} \right)^{\text{sign}(1 - \frac{L_i}{L_{\Sigma i}})} \right]^{1/n}, \text{ дол.ед.}$$

где  $R_l$  – коэффициент рациональности жирнокислотного состава, дол. ед.;  $L_i$  – массовая доля  $i$ -ой жирной кислоты в сырье или продукте, г/100 г жира;  $L_{\Sigma i}$  – массовая доля  $i$ -ой жирной кислоты, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), г/100 г жира;  $i = 1$  соответствует сумме насыщенных жирных кислот,  $i = 2$  – сумме мононенасыщенных жирных кислот,  $i = 3$  – сумме полиненасыщенных жирных кислот,  $i = 4$  – линолевой,  $i = 5$  – линоленовой,  $i = 6$  – арахидоновой.

При  $n = 3$  рациональность жирнокислотного состава оценивается по суммам насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, при  $n = 6$  – с учетом линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот.

В таблице 2 представлены эталоны жирнокислотного состава липидов.

Таблица 2 – Эталонные значения жирнокислотного состава липидов

Эталон	Жирная кислота.г/100 г липидов					
	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая	$\Sigma$ НЖК	$\Sigma$ МНЖК	$\Sigma$ ПНЖК
Зрелое женское молоко	10,85	0,62	0,95	41,78	43,03	12,42
Рекомендуемый ФАО/ВОЗ для взрослых	7,50	1,00	1,50	30,0	60,0	10,0

Показана корреляционная связь между потреблением насыщенных и трансизомеров жирных кислот, а также пищевого холестерина со смертностью от ИБС (ишемическая болезнь сердца). Увеличение потребления ХС в количестве 100 мг на 1000 ккал/сут способствует повышению ХС крови на 12 %. В то же время снижение общего холестерина в сыворотке крови на 1 % сопряжено со снижением риска от ИБС на 2–5 %.

Жировая часть рациона для больных ИБС и ГБ составляет до 30 % от общей калорийности рациона (70–80 г/сут.), при этом 8–10 % от общей калорийности рациона должны составлять НЖК, 10–15 % – МНЖК, 7–9 % – ПНЖК. Оптимальное соотношение НЖК/МНЖК/ПНЖК (1:1:1) существенно повышает терапевтическую эффективность антиатерогенной диеты.

Оптимальным для больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями считается потребление ПНЖК семейства  $\omega$ -3 в количестве 1–2 % от общей калорийности рациона [2].

Для реализации вышеперечисленных факторов улучшения структуры питания и профилактики развития у населения сердечно - сосудистых патологий не маловажное значение имеет развитие и интенсификация производства животноводческого сырья с высокой пищевой и биологической ценностью. Таким сырьем является свинина, полученная от свиней датской селекции.

В структуре производства мяса в мире свинина занимает около 40 %, в России –36–38 %, и ее объемы возрастают с каждым годом [4].

Качество свинины зависит как от породы животных, их возраста и других факторов, так и от технологических особенностей производственного цикла. Перспективное направление сегодня – отбор генотипов свиней с улучшенными показателями роста накопления мышечной ткани,

так называемых промышленно пригодных типов. Для этого необходима объективная и всесторонняя оценка мясного сырья и создание на этой основе эффективных технологий переработки, а также рационального и целевого использования при изготовлении мясных продуктов [6, 7].

Мясо свиней превосходит мясо других видов сельскохозяйственных животных по биологической и питательной ценности, богато полноценным белком, содержащим все незаменимые аминокислоты, витамины и минеральные вещества. Свинина по своим питательным и кулинарным достоинствам стоит на первом месте среди другой мясной продукции [5].

Качество натурального жирового сырья зависит от множества разнообразных факторов: состава жирных кислот, глубины залегания и анатомического происхождения шпика, породы, состава рационов, возраста животного. В конечном счете, эти показатели влияют на продолжительность хранения и вкусовые качества шпика. От соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в шпике свиней зависит и его общая температура плавления.

Жирные кислоты, входящие в шпик, при поступлении в организм человека активно участвуют в осуществлении процессов жизнедеятельности. Усвояемость жиров во многом зависит от содержания в них ненасыщенных жирных кислот (линолевая, линоленовая, арахидоновая). Чем больше в жирах этих кислот, тем они будут иметь более высокую усвояемость.

Свиной жир отличается хорошими вкусовыми и пищевыми качествами, его перевариваемость составляет около 98 %, а употребление в пищу 30–50 г свиного жира удовлетворяет суточную потребность организма человека в незаменимых полиненасыщенных жирных кислотах, составляющую 3–6 г.

В качестве объектов для исследований послужили мясо и шпик, полученные от животных породы ландрас, двухпородных гибридов (ландрас х йоркшир), трехпородных гибридов (ландрас х йоркшир х дюрок), завезенных из Дании. При выполнении работы были использованы мясо и шпик свиней, снятых с контрольного откорма при достижении средней живой массы 100–101 кг.

В таблице 3 представлен жирнокислотный состав шпика свиней разных генотипов.

Таблица 3 – Жирнокислотный состав шпика свиней разных генотипов, %

№ п/п	Наименование кислот	Порода, породность		
		ландрас	ландрас х йоркшир	ландрас х йоркшир х дюрок
1	2	3	4	5
<b>Насыщенные жирные кислоты</b>				
1	C4:0 Бутановая (Масляная)	0,007	0,008	0,008
2	C6:0 Гексановая (Капроновая)	0,005	0,007	0,006
3	C 8:0 Октановая (Каприловая)	0,015	0,012	0,012
4	C 10:0 Декановая (Каприновая)	0,076	0,063	0,071
5	C 11:0 Ундекановая	0,005	0,005	0,003
6	C 12:0 Додекановая (Лауриновая)	0,074	0,055	0,075
7	C 13:0 Тридекановая	-	0,003	0,004

Продолжение таблицы 3

8	С 14:0 ТетрадекановаяМиристиновая	1,244	0,987	1,264
9	С 14:1 Миристолеиновая	0,013	0,012	0,008
10	С 15:0 Пентадекановая	0,07	0,09	0,073
11	С 15:1 цис-10-Пентадекановая	0,004	-	-
12	С 16:0 Гексадекановая (Пальмитиновая)	22,344	19,214	21,922
13	С 17:0 Гептадекановая	0,363	0,527	0,398
14	С 17:1 цис-10-Гептадекановая	0,278	0,308	0,285
15	С 18:0 Октадекановая (Стеариновая)	10,821	9,512	10,525
16	С 20:0 Эйкозановая (Арахидиновая)	0,159	0,186	0,163
17	С 21:0 Генэйкозановая	0,016	0,015	0,008
18	С 22:0 Докозановая (Бегеновая)	0,009	0,013	0,011
19	С 23:0 Трикозановая	0,003	0,011	0,007
20	С 22:2 Докозациклопентановая	0,01	0,008	0,01
21	С 24:0 Тетракозановая (Лигноцериновая)	0,006	0,005	0,004

Продолжение таблицы 3

22	С 24:1 Тетракозеновая (Селахолевая)	0,084	0,105	0,099
∑ насыщенных жирных кислот		35,47	33,02	34,02
Мононасыщенные жирные кислоты				
1	С 16:1 Гексадеценовая (Пальмитолеиновая)	1,771	1,595	1,683
2	С 18:1 1n9t транс-Октадеценовая	0,242	0,243	0,241
3	С 18:1n9сцис-Октадеценовая (Олеиновая)	36,457	35,29	35,319
4	С 20:1 Эйкозеновая (Гондоиновая)	1,336	1,664	1,458
5	С 22:1n9Докозеновая (Эруковая)	0,199	0,199	0,213
∑ мононасыщенных жирных кислот		40,00	38,99	38,70
Полиненасыщенные жирные кислоты				
1	С 18:2n6сцис-Октадекадиеновая (Линолевая)	22,146	27,419	23,782
2	С 18:3n6 у-Октадекатриеновая(у-Линоленовая)	0,045	0,074	0,045

Продолжение таблицы 3

3	С 18:3n3Октадекатриеновая (Линоленовая)	0,633	0,553	0,622
4	С 20:2 цис-11,14 Эйкозодиеновая	0,893	0,963	0,933
5	С 20:3n6 цис- 8,11,14- Эйкозатриеновая	0,110	0,147	0,121
6	С 20:3n3 цис- 11,14,17- Эйкозатриеновая	0,199	0,199	0,213
7	С 20:4n6Арахидоновая	0,39	0,496	0,427
8	С 20:5n3 цис- 5,8,11.14,17 - Эйкозапентаеновая	0,023	0,037	0,029
9	С 22:6n3 цис- Докозагексаеновая	0,094	0,106	0,109
∑ полиненасыщенных жирных кислот		24,53	27,99	27,28

Анализ жирнокислотного состава шпика показал, что количество насыщенных жирных кислот в шпике подопытных свиней находилось в пределах от 34,02–35,47 %.

Разница между чистопородными и двухпородными животными составила 2,45 %, а с трехпородными – 1,45 % в пользу чистопородных ландрасов. Пальмитиновая и стеариновая жирные кислоты определяют консистенцию шпика, удельный вес которых среди насыщенных жирных

кислот в подкожном шпике составил 19,21–22,34 % и 9,51–10,82 % – соответственно.

Нашими исследованиями установлено, что в шпике свиней породы ландрас этих кислот было больше, чем у их аналогов двух и трехпородных гибридов.

По сумме мононенасыщенных жирных кислот образцы шпика чистопородных ландрасов незначительно превосходили образцы шпика двух – и трехпородных гибридов на 1,01 % и 1,30 %, соответственно, а по основной из них, – олеиновой на 0,97 %.

По содержанию полиненасыщенных жирных кислот образцы шпика от двух – и трехпородных гибридов превосходили образцы шпика от животных породы ландрас на 3,46 и 2,75 %, соответственно, что может свидетельствовать о его большей биологической ценности, лучшей усвояемости и о целесообразности его использования в рецептурных моделях.

Жиры, содержащие большой процент полиненасыщенных жирных кислот, являются биологически ценными. Установлено, что повышенное содержание в рационе людей полиненасыщенных жирных кислот способствует снижению уровня холестерина и триглицеридов в крови [4].

Оценка качественных показателей жирнокислотного состава мяса и шпика, полученного от свиней датского происхождения позволит обоснованно использовать это сырье в качестве основного сырья для производства мясных продуктов людям, предрасположенным или страдающим сердечнососудистыми заболеваниями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гофман Я. Б., Магнитский А. В., Погожева А. В. Использование семидневного меню для диетического пи-



тания больных инфарктом миокарда: Метод. рек. М., 2003. 10 с.

2. Драпкина О. М., Ашихмин Я. И., Ивашкин В. Т. Питание и сердечно-сосудистые заболевания // Трудный пациент, 2006. №8. С.65.

3. Лисицын А. Б., Любченко В. И., Горошко Г. П. Методы математического моделирования при обосновании рецептур многокомпонентных мясных продуктов: Сб. научн. тр./Всесоюзный НИИ мясной промышленности / -М.: ВНИИМП, 1996. С. 217.

4. Михайлов Н. Мясные качества трехпородных гибридов / Н. Михайлов, И. Свиначев, А. Гончаров// Животноводство России, 2011. № 3. С. 25.

5. Рогов И. А. Биотехнология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. И. Жаринов, Л. А. Текутьева, Т. А. Шепель // М.: Дели принт, 2009.С. 296.

6. Тимошенко Н. В. Качество свинины зависит от породы / Н. В. Тимошенко, Н. Садовая // Животноводство России, 2006. №2. С. 35.

7. Отчет о проведении научно-исследовательских работ по контракту № 3.2.1/24-2007 по теме «Разработка новых прогрессивных технологий хранения и переработки продукции животноводства с целью получения конкурентноспособных продуктов питания».

## **FAT-ACID CONTENT OF BACON OF PIGS OF DANISH BREED**

**Keywords:** *biological value, pork, genotype, meat, baconmeat products of special use.*

**The summary.** *It is studied fat-acid content of bacon of pigs of danishbreed. It is done medico-biological reasoning of*

*use as a main material for production meat products of special use.*

---

**ПАТИЕВА АЛЕКСАНДРА МИХАЙЛОВНА** – д.с.н., профессор кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**ПАТИЕВА СВЕТЛАНА ВЛАДИМИРОВНА** – к.т.н., доцент кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**ВЕЛИЧКО ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ** – аспирант кафедры «Технологии хранения и переработки животноводческой продукции», факультет перерабатывающих технологий Кубанского государственного аграрного университета (nesterenko-aa@mail.ru).

**PATIEVA ALEKSANDRA MIKHAYLOVNA** – the doctor of agricultural sciences, the professor of the chair of technologies of storage and processing of meat products, of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**PATIEVA SVETLANA VLADIMIROVNA**– the candidate of technical sciences, the docent of the chair technologies of storage and processing of meat products, of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university; (nesterenko-aa@mail.ru).

**VELICHKO VLADIMIR ALEKSANDROVICH** – the post-graduate student of the chair of technologies of storage and processing of meat products, of the faculty of processing technologies of Kuban` State agrarian university. (nesterenko-aa@mail.ru).

---

О. В. МИХАЙЛОВА, А. Н. КОРОБКОВ

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СЕПАРАТОР ПРИМЕСЕЙ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

**Ключевые слова:** магнитная сепарация, магнитная восприимчивость, магнитное поле, гравитационная траектория, трифолин, закись-окись железа, индукционный нагрев, удельная мощность, СВЧ лабораторная установка, транспортёр.

**Аннотация.** Государственная программа развития АПК на 2008-2012 годы определила, что главной задачей экономического и социального развития страны является повышение темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно-технического прогресса, перевооружения и реконструкции производства, повышения качества оборудования.

В настоящее время приоритетным направлением технической политики в агропромышленном комплексе является создание малогабаритной, надежной техники для организации производства и переработки сырья у производителя.

Все партии свежесобраных семян кормовых культур в обязательном порядке подлежат очистке, т.е. выделению посторонних примесей из основной культуры, что является основой высоких урожаев [2].

Фракции отбирают по признакам и их комбинациям - размерам, массе, плотности, аэродинамическому коэффициенту, фрикционным, магнитным и электрическим свойствам, цвету и другим параметрам. При этом используются следующие устройства – решета, триеры, гидросепараторы, отражательные столы, фрикционные горки и др.

Семена люцерны, клевера трудно отделить в воздушно-решетных и триерных установках от семян злостных сорняков. Эти семена успешно выделяют магнитным способом в специальных электромагнитных семяочистительных машинах.

Процесс магнитной сепарации включает в себя увлажнение вороха, смешивание с трифолином и подачу полученной смеси на поверхность вращающегося электромагнитного барабана машины, который притягивает и удерживает определенную часть пути только семена с магнитным порошком. Порошок хорошо пристает к шероховатой поверхности семян сорняков. С поверхности барабана первыми соскальзывают и выводятся из машины полноценные семена основной культуры [1].

Мы задумались над совмещением операций очистки и дальнейшей сушки семян. Сушку семян предлагается проводить с использованием энергии электромагнитного излучения СВЧ диапазона. Такой технологический процесс очистки семян будет включать следующие операции: увлажнение семян, перемешивание с трифолином, транспортировка в резонаторную камеру на вращающийся электромагнитный барабан машины, сепарация и сушка. Пользуясь лабораторной СВЧ установкой с использованием термомпары и спиртового термометра, мы исследовали динамику нагрева трифолина.

В процессе лабораторных исследований мы изучили кривые нагрева трифолина в зависимости от продолжительности его нагрева.

По результатам исследований были построены кривые нагрева по средним значениям температур нагрева, найденные путем многократного повтора опыта. В нашем случае нагрев проводился семь раз в каждом промежутке времени и при необходимой мощности. Масса образца – 50 граммов.

Дозирование порошка проводили на электронных весах. Мощность индукционной поверхности задавали с помощью автоматических стандартных значений.

Удельная мощность находится по следующей формуле:

$$\text{Руд} = P/G, \text{ Вт/г},$$

где  $P$  – мощность индукционной поверхности, Вт;  
 $G$  – масса порошка, г.

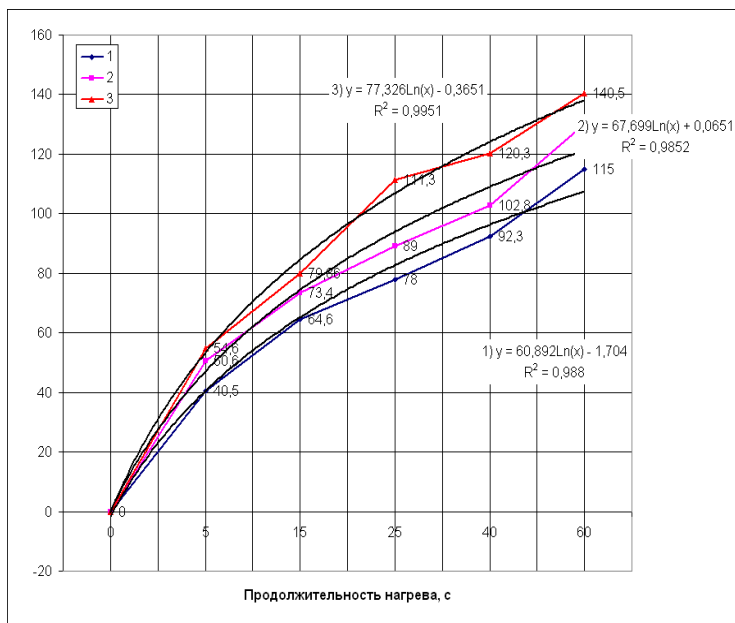


Рисунок 1 – Кривые нагрева трифолина в лабораторной СВЧ установке при разной удельной мощности: 1 – 4 Вт/г; 2 – 6 Вт/г; 3 – 12 Вт/г.

Результаты исследования показывают, что при удельной мощности 12 Вт/г продолжительность сушки составит 25 секунд.

Подводя итоги, считаем, что совмещение операций магнитной очистки и сушки семян, позволит интенсифицировать процесс заготовки семян кормовых культур и сократить энерго- и трудозатраты. Поэтому данное исследование имеет научную и практическую значимость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бутковский В. А., Мельников Е. М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства (с основами экологии). М.: Агропромиздат, 1989. 464 с.

2. Лиелманис Я. Д., Янсон Ф. И. и др. Агротехника клевера. –Л.: Колос, 1987. 136 с.

## ELECTROMAGNETIC SEPARATOR OF ADDING OF FEEDING CULTURES

**Keywords:** *magnetic separation, magnetic susceptibility, magnetic field, gravitate trajectory, trefolin, iron oxides, inductheating, specific power, microwave laboratory setting, transporter.*

**The summary.** *The state programme of development of agro-industrial complexes for 2008-2012 defined that the main task of social and economic development is to increase temp and efficiency of economicson the bases of science-technical progress, reconstruction of manufacturing, increasing of quality of equipment.*

*Nowadays the main direction of technical policy in agro-industrial complex is creating safety techniques for organization of production and redoing of materials of producer.*

---

**МИХАЙЛОВА ОЛЬГА ВАЛЕНТИНОВНА** – д.т.н., профессор кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (ds17823@yandex.ru).

**КОРОБКОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ** – аспирант, преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация» Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (aleksey.korobkov52@mail.ru).

**MIKHAILOVA OLYGA VALENTINOVNA** – the doctor of technical sciences, the professor of the chair of electrification and automatization, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (ds17823@yandex.ru).

**KOROBKOV ALEKSEY NIKOLAEVICH** – the post-graduate student, the teacher of the chair of electrification and automatization, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (aleksey.korobkov52@mail.ru).

---

Д. А. СЕМЕНОВ

## УСТРОЙСТВО С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

***Ключевые слова:** диагностики высоковольтной изоляции, заряд абсорбции, ток абсорбции, напряжение саморазряда, возвратное напряжение постоянные времени саморазряда, схема замещения корпусной изоляции трансформатора, износ изоляции.*

***Аннотация.** Предложено устройство для диагностики состояния корпусной изоляции распределительных трансформаторов по напряжению саморазряда и возвратному напряжению.*

Электрические установки могут нормально работать лишь с исправной изоляцией. В процессе эксплуатации из-за увлажнения, перегрева, динамических нагрузок и перенапряжений происходит общее старение изоляции, т.е. ухудшение ее физико-химических характеристик. В изоляции возникают распределенные и местные дефекты, которые в конечном итоге приводят к пробое изоляции.

Ресурс изоляции, как правило, определяет и ресурс электрооборудования. Многочисленные исследования показали, что в подавляющем числе случаев причиной отказов электрооборудования является нарушение работы его изоляционной системы. При этом основная доля отказов приходится на долю корпусной или главной изоляции.



Чтобы своевременно выявлять развивающиеся дефекты и не допускать внезапных пробоев электрической изоляции, приводящих к авариям, свойства ее в процессе эксплуатации периодически проверяют. Такие мероприятия обеспечивают поддержание необходимой степени надежности электрооборудования в процессе его эксплуатации. Периодический контроль с целью прогнозирования расходования ресурса электрооборудования необходим и для обоснования выбора очередности замены этого оборудования. Это особенно важно на современном этапе эксплуатации энергетических установок.

Периодичность и нормы испытаний устанавливаются действующими стандартами, правилами технической эксплуатации и ведомственными инструкциями для каждого вида оборудования. При такой системе обслуживания контроль и ремонт оборудования производят по заранее нормированному времени эксплуатации.

Как показывает практика, в нашей стране и за рубежом такая система технического обслуживания и ремонта не является оптимальной. Большие резервы повышения эффективности эксплуатации электрооборудования заложены в системе обслуживания по реальной потребности или по реальному техническому состоянию. Переход к такой системе невозможен без использования современных приборных средств, основанных на надежных и научно обоснованных методах выявления дефектов и оценки технического состояния изоляции. Эти вопросы решает техническая диагностика [1,2]. Именно диагностика является тем основным инструментом, с помощью которого можно обоснованно продлить «срок жизни» электрооборудования, предупредить аварии в энергосистемах и снизить затраты на ремонты электрооборудования.

В технической диагностике настоящее время различают два направления развития: диагностика оборудо-

вания в отключенном состоянии – *тестовая диагностика* и диагностика оборудования под рабочим напряжением в процессе его функционирования – *функциональная или рабочая диагностика*.

Эти два направления различаются между собой методами и аппаратурой для их реализации.

Известно, что о состоянии изоляции и степени ее старения судят по току утечки и по току абсорбции, или точнее, по коэффициенту абсорбции, который определяют как отношение одноминутного значения сопротивления изоляции к пятнадцатисекундному ее значению. В зарубежной практике вместо коэффициента абсорбции вводят индекс поляризации, который определяют как отношение десятиминутного значения сопротивления изоляции к одноминутному ее значению. В некоторых случаях наряду с индексом поляризации нормируют коэффициент диэлектрической абсорбции (DAR), вычисляемый как отношение одноминутного значения сопротивления изоляции к тридцатисекундному ее значению.

Коэффициент абсорбции и индекс поляризации дают объективную оценку состояния изоляции, так как учитывают заряд абсорбции, поглощенный в системе изоляции. Однако контроль заряда абсорбции по току абсорбции неудобен тем, что ток абсорбции мал и промышленные помехи сильно искажают его. Поэтому удобнее пользоваться другими методами обнаружения явления абсорбции. Так, например, на практике можно применить метод измерения *напряжения саморазряда и возвратного напряжения*. Рассмотрим подробнее эти явления.

С учетом электропроводности и поляризации схема замещения диэлектрика как участка изоляции в простейшем случае может быть представлена параллельным соединением резистора  $R$  и конденсатора  $C$  (рис.1).

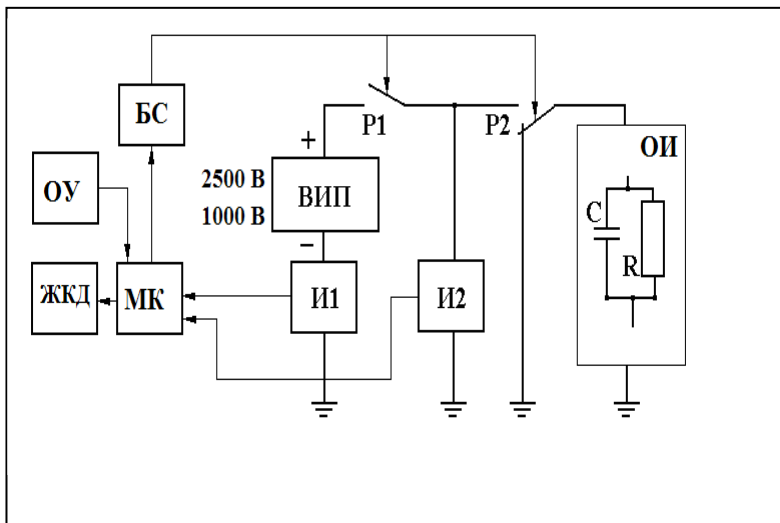


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для измерения напряжения саморазряда и возвратного напряжения: ВИП – высоковольтный источник питания с напряжением 1000 В и 2500 В, ОИ – объект испытания, P1, P2 – высоковольтные управляемые реле, И1 – измеритель тока, И2 – измеритель напряжения, МК – программируемый микроконтроллер, БС – блок сопряжения, ЖКД – жидкокристаллический дисплей, ОУ – органы управления

В действительности главная или корпусная изоляция силовых трансформаторов представляет собой сложную систему изоляции, которая состоит из нескольких изоляционных элементов, различных по конструкции и по электрическим параметрам. Комбинация нескольких диэлектриков с разными электрическими параметрами позволяет получить наиболее благоприятные свойства изоляционной конструкции. Это обстоятельство делает главную изоляцию неоднородной. Поэтому корпусная изоляция представляется схемой замещения, состоящей не из одного слоя, а из нескольких слоев (трех и более), каждый из ко-

тых имеет свое сопротивление, емкость и постоянную времени (рис.2).

Поэтому на схеме замещения система изоляции как объект испытания ОИ представляется последовательным соединением RC-цепочек (рис. 1 и рис. 2), причем произведения RC для каждого слоя разные, что и делает систему изоляции неоднородной.

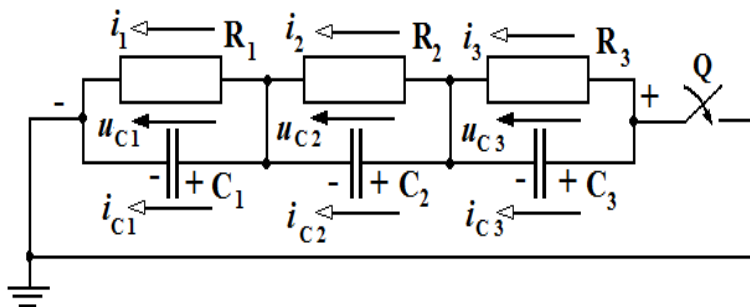


Рисунок 2 – Схема замещения трехслойной изоляции при ее разряде на землю

Если зарядить объект испытания, то есть неоднородную изоляцию от источника постоянного напряжения до напряжения  $U_0$ , а затем отключить от источника и оставить разомкнутой, то заряженные конденсаторы будут постепенно разряжаться на свои резисторы. При этом напряжение на изоляции  $u_c$ , называемое напряжением саморазряда, будет представлять собой сумму затухающих экспонент с разными постоянными времени  $\tau$ .

Постоянная времени саморазряда каждого слоя изоляции определяется выражением  $\tau = RC$ . Она измеряется в секундах и равна тому промежутку времени, в течение которого напряжение на конденсаторе  $C$  уменьшится в  $e=2,718$  раза. Чем больше постоянная времени, тем медленнее идет процесс саморазряда. Если представить себе,

что в качестве изолятора используется диэлектрик прямоугольной формы, площадь поперечного сечения которого  $S$ , а толщина  $h$ , то формула для постоянной времени  $\tau$  примет вид:

$$\tau = RC = \rho_V \frac{h}{S} \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{h} = \epsilon_0 \epsilon_r \rho_V. \quad (1)$$

Здесь  $\rho_V$  – удельное объемное сопротивление диэлектрика,  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\epsilon_r$  – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика. Из формулы (1) следует важный вывод: постоянная времени саморазряда изоляции  $\tau = RC$  не зависит от геометрических размеров изоляции, а определяется исключительно свойствами изоляции  $\epsilon_r$  и  $\rho_V$ . Более строгий анализ показывает, что постоянная времени не зависит и от формы изоляции.

Опыт, в котором наблюдается возвратное напряжение, состоит в следующем. Неоднородная изоляция заряжается в течение одной минуты при постоянном напряжении и на конденсаторах отдельных слоев накапливаются заряды. Причем, заряды на слоях не равны друг другу. Затем изоляция отключается от источника постоянного напряжения и ее электроды замыкаются накоротко на очень малый промежуток времени  $\Delta t$ , после чего вновь размыкаются. За время  $\Delta t$  емкости слоев не успевают полностью разрядиться. Поглощенный заряд абсорбции практически остается неизменным. После размыкания внешних электродов изоляции конденсаторы вновь оказываются соединенными последовательно и будут разряжаться на сопротивления утечки своих слоев с разными скоростями, т.к. постоянные времени слоев неодинаковы. На изоляции появится напряжение  $u_6$ , которое называют возвратным

напряжением. По значению и форме возвратного напряжения можно судить о состоянии изоляции.

Для измерения рассмотренных выше параметров: сопротивления изоляции, коэффициента абсорбции, кривой саморазряда и возвратного напряжения авторами разработано устройство, приведенное на рис.1. Устройство снабжено программируемым микроконтроллером и позволяет измерять каждый из указанных параметров изоляции в течение одной минуты через каждую секунду.

На рис. 3 приведены временные диаграммы процесса измерения параметров изоляции.

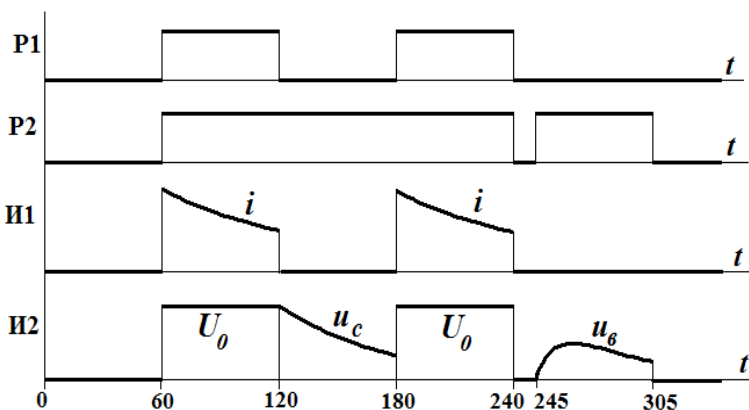


Рисунок 3 – Временные диаграммы процесса измерения параметров изоляции

С помощью этого прибора были измерены параметры изоляции различных трансформаторов, которые расположены в РЭС Княгининского района. Результаты испытаний по нескольким трансформаторам д. Урги, проведенные с этим прибором, даны в статье Семенов Д. А. «Мониторинг изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общей редакцией Б. А. Алексеева, Ф. Л. Когана Л. Г. Мамиконянца. – М.: Издательство НИЦ ЭНАС, 2001. 256 с.
2. Серебряков А. С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта .М.: Маршрут, 2005. 280 с.

### **GADGET WITH MICROPROCESSING MANAGEMENT FOR DIAGNOSTIC ISOLATION OF ELECTRO-EQUIPMENT**

***Keywords:** diagnostics of the high-voltage isolation, charge of absorption, absorption current, voltage of self category, reflexive voltage of constant time of self category, scheme of recharging of corpus isolation of transformer, wear of isolation.*

***The summary.** The arrangement for diagnostics of a condition of case isolation of distributive transformers on a pressure of the self-category and a returnable pressure is offered.*

---

**СЕМЕНОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ** – преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, ([xxxmy@mail.ru](mailto:xxxmy@mail.ru)).

**SEMENOV DMITRII ALEXANDROVICH** – the teacher of the chair-re Electrification and automatization, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, ([xxxmy@mail.ru](mailto:xxxmy@mail.ru)).

---

Д. А СЕМЕНОВ.

## МОНИТОРИНГ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Ключевые слова:** диагностики высоковольтной изоляции, заряд абсорбции, напряжение саморазряда, возвратное напряжение постоянные времени саморазряда, износ изоляции.

**Аннотация.** Предложен метод для диагностики состояния корпусной изоляции распределительных трансформаторов по напряжению саморазряда и возвратному напряжению. Приведены результаты испытаний с помощью данного метода эксплуатируемых трансформаторов.

Для надежного электроснабжения в сельских сетях необходимо поддерживать в работоспособном состоянии распределительные трансформаторы. Поэтому на современном этапе эксплуатации энергетических систем нужен периодический контроль и диагностика с целью прогнозирования расходования ресурса электрооборудования для обоснования выбора очередности замены обследуемого оборудования.

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество силовых трансформаторов – более 70 %, отработавших свой срок службы. В соответствии с ГОСТ



11677-85 «Трансформаторы силовые. Общие технические условия» этот срок составляет 25 лет.

Опыт эксплуатации силовых трансформаторов показывает, что и после нормативного срока службы значительная часть трансформаторов сохраняет свою способность при соблюдении допустимых нагрузочных режимов, своевременном проведении ремонтов и качественном их выполнении.

В России в ближайшие годы по экономическим и техническим причинам не ожидается существенного обновления парка силовых трансформаторов, отработавших свой нормативный срок. В связи с этим все более актуальной становится проблема продления срока службы и оценка возможности дальнейшей эксплуатации такого электрооборудования в системах электроснабжения, чего можно достичь с помощью диагностирования.

Принято считать, что надежность силовых и распределительных трансформаторов уменьшается по мере старения их изоляции. Это старение происходит главным образом из-за ухудшения характеристик изоляционных материалов. Ухудшение изоляции трансформатора в первую очередь зависит от температуры и времени, а также зависит от таких факторов, как влажность и содержание кислорода. Поэтому большинство методов профилактического обслуживания трансформаторов ориентированы на мониторинг этих факторов.

Для своевременной диагностики и повышения эксплуатационной надежности трансформаторов наиболее предпочтительным является применение неразрушающих методов испытаний и диагностики корпусной изоляции. Такие методы, основанные на периодическом измерении наиболее информативных характеристик изоляции, не только позволяют получать информацию о состоянии корпусной изоляции трансформаторов, но и могут быть ис-

пользованы для прогнозирования остаточного срока службы длительно эксплуатирующихся трансформаторов. На основе этой информации может быть составлен план профилактического контроля трансформаторов в условиях эксплуатации и выработана стратегия их замены с опасными дефектами или выработанным ресурсом изоляции. Одним из таких методов является измерение и анализ напряжения саморазряда и возвратного напряжения в главной изоляции трансформаторов.

Исследования в этом направлении с измерением абсорбционных параметров проводятся кафедрой «Электрификация и автоматизация» НГИЭИ на распределительных трансформаторах мощностью 40-400 кВ·А районных электрических сетей Княгининского района. Ранее в статье [3] было установлено, что измерения напряжения саморазряда и возвратного напряжения выявляют процессы старения изоляции намного чувствительнее, чем традиционное измерение коэффициента абсорбции.

Метод напряжения саморазряда заключается в подсоединение главной изоляции к источнику напряжения, чтобы зарядить ее в течение минуты до напряжения  $U_0$ , а затем отключить трансформатор от источника напряжения и оставить разомкнутым. Заряженная изоляция будет постепенно разряжаться на свое собственное сопротивление  $R$ . При этом напряжение  $u_C$ , называемое напряжением саморазряда будет изменяться по закону затухающей экспоненты  $u_C = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ .

Опыт, в котором наблюдается возвратное напряжение, состоит в следующем. Неоднородная изоляция заряжается в течение одной минуты при постоянном напряжении, чтобы в ней накопился заряд абсорбции. Затем изоляция отключается от источника постоянного напряжения и ее электроды замыкаются переключателем накоротко на

очень малый промежуток времени  $\Delta t$ , после чего вновь размыкаются. За время  $\Delta t$  геометрическая емкость полностью разряжается, а заряд абсорбции, накопленный на границе слоев, остается практически неизменным. Этот заряд распределится на обе емкости и зарядит их до одинакового напряжения  $U_{0B}$ .

Для измерения данным методом было разработано устройство, защищенное авторским свидетельством. Устройство снабжено программируемым микроконтроллером и позволяет измерять параметры изоляции в течение одной минуты через каждую секунду. Более подробное описание устройства дано в статье Семенова Д. А. «Устройство с микропроцессорным управлением для диагностики изоляции электрооборудования».

Анализируя состояние изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации, приведем параметры трех разных трансформаторов мощностью 100 кВ·А в д. Урга Княгининского района, которые были замерены в период 2010-2012 гг.

На рис. 1 показаны зависимости напряжения саморазряда и возвратного напряжения за время эксплуатации с 2011 по 2012 год КТП-51 с трансформатором ТП 100/10 1986 года выпуска при заряде изоляции на 2500 В.

Из рис. 1 видно, что в течение срока эксплуатации изоляция стареет и напряжение саморазряда и возвратное напряжение снижаются (напряжение саморазряда  $u_{c15}$  снизилось примерно на 93 В за год, а возвратное напряжение  $u_{630}$  – примерно на 8 В за год). Также изменяется и момент времени, при котором наблюдается максимум возвратного напряжения. У данного трансформатора произошло резкое снижение параметров, а значит и ухудшение состояния изоляции из-за работы его на коротком замыкании.

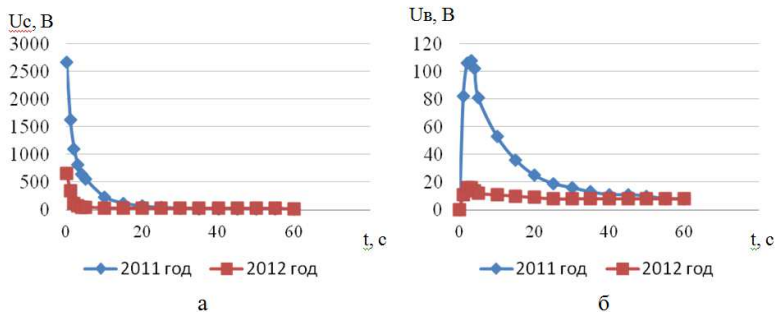


Рисунок 1 – Кривые напряжения саморазряда (а) и возвратного (б) за время эксплуатации с 2011 по 2012 год КТП-51

Такая же тенденция наблюдается и у двух других трансформаторов, расположенных в деревне Урга Княгининского района, изображенных на рис. 2 и 3. На рис. 2 показаны зависимости напряжения саморазряда и возвратного по времени эксплуатации в 2010 и 2012 годах КТП-52 с трансформатором ТП 100/10 1994 года выпуска при заряде изоляции на 2500 В.

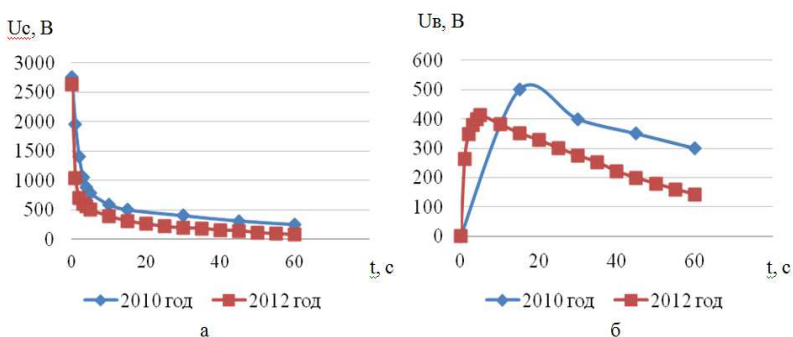


Рисунок 2 – Изменение кривых напряжения саморазряда (а) и возвратного (б) КТП-52 в 2010 и 2012 гг

Из рис. 2 так же отчетливо видно, что в течение срока эксплуатации напряжение саморазряда и возвратное

напряжение снижаются (напряжение саморазряда  $u_{c15}$  снизилось примерно на 191 В за 2 года, а возвратное напряжение  $u_{630}$  - примерно на 125 В за 2 года), и происходит изменение момента времени, при котором наблюдается максимум возвратного напряжения. В 2010 максимум был достигнут при 17 сек., а в 2012 – при 5 сек.

На рис. 3 показаны зависимости напряжения саморазряда и возвратного за время эксплуатации с 2010 по 2011 год КТП-147 с трансформатором ТП 100/10 1986 года выпуска при заряде изоляции на 2500 В.

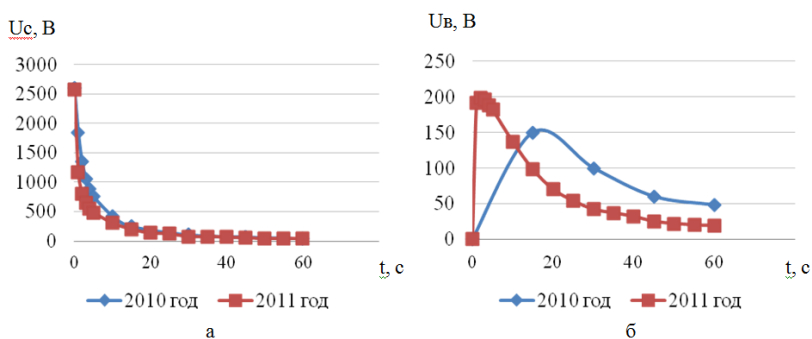


Рисунок 3 – Кривые напряжения саморазряда (а) и возвратного (б) за время эксплуатации с 2010 по 2011 год КТП-147

Из рис. 3 видно, что в течение срока эксплуатации изоляция стареет и напряжение саморазряда и возвратное напряжение снижаются (напряжение саморазряда  $u_{c15}$  снизилось примерно на 51 В за год, а возвратное напряжение  $u_{630}$  – примерно на 58 В за год). Также изменяется и момент времени, при котором наблюдается максимум возвратного напряжения, так в 2010 году максимум составил на 17 сек., а в 2011г – на 2 сек.

По приведенным кривым напряжений видно, что с ростом эксплуатации уменьшается напряжение саморазря-

да и возвратное напряжение у трех трансформаторов, поэтому можно сделать вывод, что эти параметры могут непосредственно характеризовать состояние изоляции.

Результаты исследования с разными сроками эксплуатации рис. 1, 2, 3 показали, что наиболее чувствительной к старению изоляции является начальная крутизна возвратного напряжения (скорость его нарастания). По данной величине возвратного напряжения можно судить о состоянии изоляции. Чем ниже скорость нарастания, тем лучше состояние изоляции.

Так же о состоянии изоляции можно судить по отношению параметров кривой замеренной при заряде 2,5 кВ, к параметрам кривой при заряде 1 кВ, что видно из рис. 4 и 5 [1].

На рис. 4 и 5 показаны результаты измерений трансформаторов на КТП-147 при 1кВ и 2,5кВ по времени эксплуатации с 2010 по 2011гг.

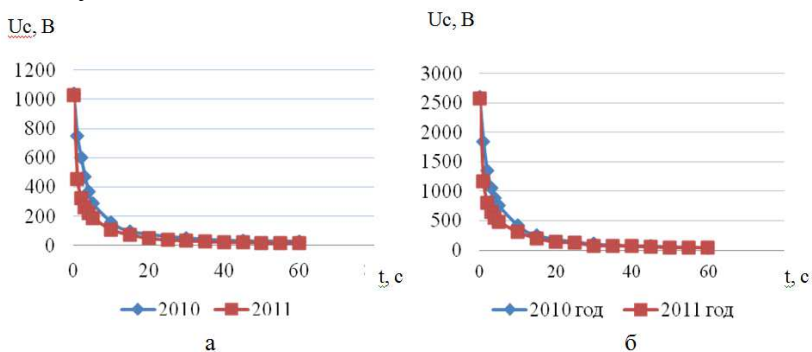


Рисунок 4 – Кривые напряжения саморазряда при заряде 1кВ (а) и 2,5кВ (б) за время эксплуатации с 2010 по 2011 год КТП-147

Из рис. 4 видно, что спустя один год эксплуатации трансформатора его параметры изоляции снизились, а именно уменьшилось напряжение саморазряда. Это озна-

чает, что о состоянии изоляции можно судить по абсорбционному параметру – напряжению саморазряда.

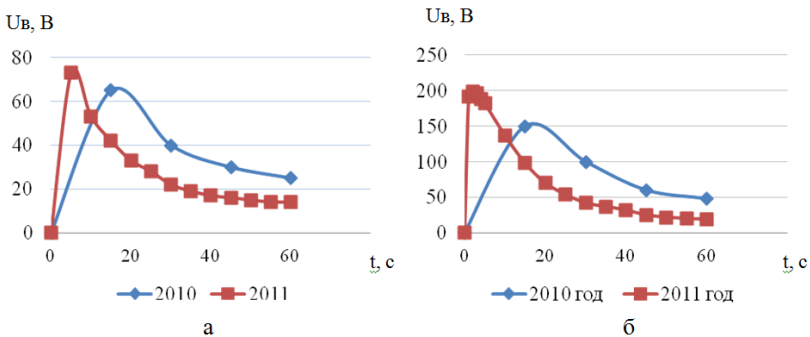


Рисунок 5 – Кривые возвратного напряжения при заряде 1кВ (а) и 2,5кВ (б) за время эксплуатации с 2010 по 2011 год КТП-147

С течением времени эксплуатации трансформатора происходит разложение целлюлозы с одновременным увеличением количества воды в изоляции. И в качестве критерия физической оценки бумажно-масляной изоляции можно использовать  $P$ - фактор, который в процессе старения увеличивается [4]. Он по определению не имеет никакой зависимости от геометрических параметров проверяемого объекта и рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{U_{B \max}}{S \cdot t_{\max}},$$

где  $U_{B \max}$ , В – максимальное значение возвратного напряжения;

$$S = \frac{U_{B \max}}{t_s}, \text{ В/с} \quad \text{– крутизна роста напряжения;}$$

$t_{\max}$ , с – время точки максимума;

$t_s$ , с – время крутизны роста напряжения.

По данной формуле для трансформатора на КТП-147, измеренного в 2011 году определим увлажнение его изоляции по рис. 6.

Из рис. 6 определим при заряде в 2,5 кВ

$$S = \frac{199}{1,2} = 165,8 \text{ В/с}$$

и рассчитаем  $P$  – фактор

$$P = \frac{199}{165,8 \cdot 2} = 0,6$$

$P$  – фактор составил больше 0,2, поэтому можно сказать по данным работы [4], что изоляция является увлажненной.

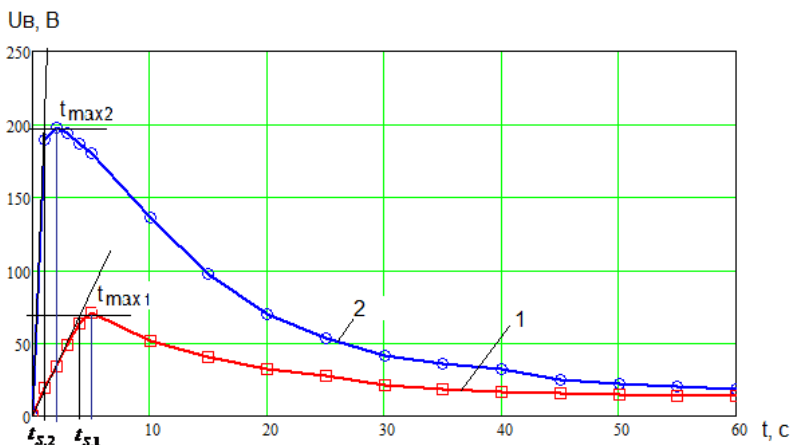


Рисунок 6 – Кривые возвратного напряжения для трансформатора на КТП-147, полученные при заряде изоляции: 1 – 1000 В; 2 – 2500В

Дальнейшие измерения и анализ напряжения саморазряда и возвратного напряжения с целью установления корреляционной связи между степенью старения (остаточным ресурсом) и измеряемыми параметрами изоляции может позволить перейти к получению количественных оце-



нок остаточного ресурса изоляции трансформаторов по результатам измерения в условиях эксплуатации напряжения саморазряда и возвратного напряжения.

Внедрение неразрушающих методов диагностики силовых трансформаторов с использованием современного оборудования будет способствовать повышению надежности электроснабжения потребителей, а также позволит эффективнее планировать ремонт и замену трансформаторов по их фактическому техническому состоянию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Канискин В. А., Коцур С. А., Привалов И. Н. Кабели 10 кВ с бумажно-пропитанной изоляцией. Неразрушающий метод диагностики / Новости электротехники. 2005. № 5 (35).

2. Серебряков А. С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. 280 с.

3. Семенов Д. А. Измерение абсорбционных параметров силовых трансформаторов. Материалы международной научно – практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения д.т.н. А. С. Серебрякова. – г. Княгинино: НГИЭИ, 2009. 216 с.

4. Patsch, R.; Kouzmine, O.; P-factor, A meaningful Parameter for the evaluation of return voltage measurements, CEIDP Cancun, Mexico. 2002.

## MONITORING OF ISOLATION OF TRANSFORMATORS IN THE RPROCESS OF EXPLOITATION

***Keywords:** diagnostics of high-voltage isolation, a charge of absorption, a pressure of the self-category, a returnable pressure constants of time of the self-category, wear of isolation.*

***The summary.** The method for diagnostics of a condition of case isolation of distributive transformers on a pressure of the self-category and a returnable pressure is offered. Results of tests by means of the given method of maintained transformers are resulted.*

---

**СЕМЕНОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ** – преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, ([xxxmy@mail.ru](mailto:xxxmy@mail.ru)).

**SEMENOV DMITRII ALEXANDROVICH** – the teacher of the chair electrification and automatization, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, ([xxxmy@mail.ru](mailto:xxxmy@mail.ru)).

---

И. А. СОРОКИН, Е. А. ПУЧИН.

## **МЕТОДИКА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДАЧИ АБРАЗИВА В ДВИГАТЕЛЬ В СОСТОЯНИИ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

*Ключевые слова:* износ, ускоренные испытания, ремонт, приработка, устройство.

*Аннотация.* Целью предпринимаемого исследования является совершенствование процессов приработки ЦПГ путем нанесения присадочного материала. Предлагаемые конструкции не позволяют нанести присадочный материал, в виде аэрозоли методом распыления непосредственно в камеру сгорания ЦПГ, без предварительной подготовки, что существенно увеличивает экономию времени приработки и ремонта двигателя в целом.

Условия эксплуатации автомобилей, дорожных и строительных машин предъявляют жесткие требования к их надежности. В первую очередь это относится к отремонтированной технике, и в том числе, к двигателям внутреннего сгорания.

Действующими стандартами и техническими условиями предусматривается восстановление показателей надежности капитально отремонтированных дизелей до уровня 80 % от новых.

Тем не менее, по ряду причин это требование не реализуется, приводит к недоиспользованию заложенных

резервов, снижению срока службы дизелей, следовательно, к повышению эксплуатационных издержек и затрат.

Наиболее достоверные данные о ресурсе отремонтированных дизелей можно получить в результате длительных эксплуатационных испытаний, при этом информация о качестве ремонта поступает на производство с большим опозданием, что делает ее малоэффективной. Кроме того, эта информация пригодна для одного конкретного предприятия.

Необходимо учесть, что в масштабах России действует множество мотороремонтных предприятий, каждое из которых выпускает отремонтированные дизели с различным качеством по причине различия в уровнях технологических и технических возможностей и необходимости сертификации отремонтированной продукции с получением сопоставимых данных.

Учитывая также, что показатели надежности определяются не только технологическим уровнем ремонта, но и условиями эксплуатации, более целесообразно оценивать качество ремонта двигателей по результатам ускоренных испытаний отремонтированных дизелей, обеспечивающих идентификация условий испытаний, методов сбора и обработки информации для установления фактического послеремонтного ресурса дизелей на различных мотороремонтных предприятиях.

Абразивный же износ деталей двигателя происходит главным образом при соприкосновении поверхностей трения, разделенных слоем смазки, с твердыми частицами.

Элементарными процессами в различных случаях абразивного изнашивания является пластическое деформирование и микрорезание (царапание поверхности твердыми частицами).

Выше отмечалось, что преобладающим видом изнашивания основных сопряжений дизелей (гильза-поршень; гильза-кольцо и т.д.) является абразивный износ.

Ускорить испытания можно за счет ужесточения режима работы объекта в агрессивной среде, путем подачи наперед заданного количества приработочного материала к парам трения.

Рассмотрим существующие способы введения материала.

На рис. 1. показана схема дозатора абразивной пыли, предварительно насыпаемой равномерным слоем на лоток 1. Пыль затем с помощью щетки 2 сметается определенными порциями в приемный патрубок 3. Скорость подачи пыли с лотка может регулироваться перемещением лотка в пределах от 5 до 60 мм/ч.

При работе двигателя основной поток воздуха проходит через впускной коллектор 4, а часть воздуха вместе с порциями пыли поступает через приемный патрубок дозатора 3.

Из-за пульсирующего характера поступающего в цилиндры потока воздуха происходит выбрасывание некоторого количества абразива из приемного патрубка. Кроме этого существенного недостатка следует отметить невозможность распределения пыли на лотке ровным слоем. Это приводит к различному весу отдельных порций пыли, поступающей в цилиндры дизеля, т.е. к неравномерному распределению по цилиндрам. Отсюда вытекает, что использование данного способа не обеспечивает заданной точности дозирования.

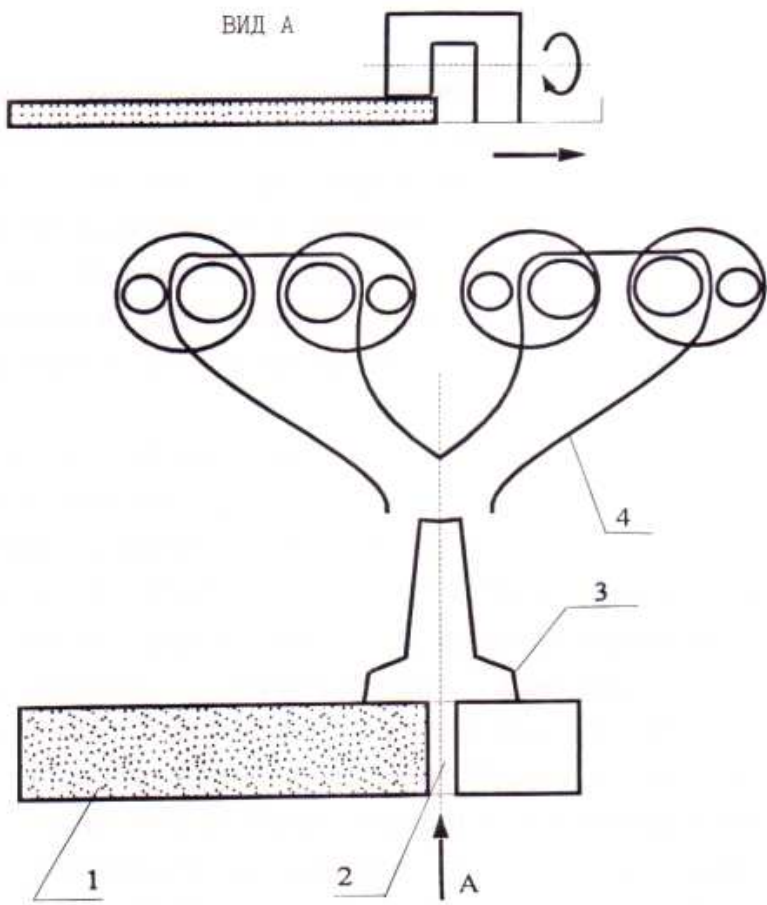


Рисунок 1 – Дозатор пыли: 1 – лоток с пылью; 2 – щетка; 3 – патрубкок дозатора; 4 – впускной коллектор

На рис. 2. показана схема дозирующего устройства с использованием абразивных брикетов.

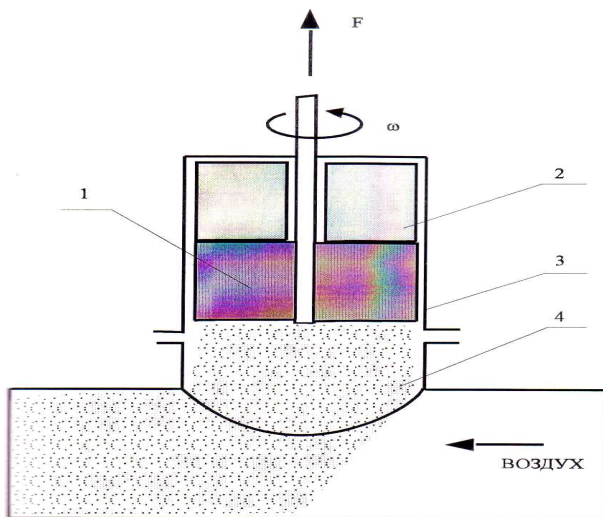


Рисунок 2 – Дозатор пыли с абразивными брикетами: 1 – подвижный абразивный брикет; 2 – неподвижный абразивный брикет; 3 – корпус дозатора; 4 – впускной коллектор

Способ основан на принципе истирания двух абразивных взаимоперемещающихся дисков под действием постоянной нагрузки. При работе устройства брикету (1) сообщается вращательное движение, в то время как другой брикет (2) под действием тарированного усилия постоянно прижимается к первому брикету. В результате происходит взаимное истирание с образованием абразивной пыли постоянного дисперсионного состава. Равномерность дозирования абразива в этом случае зависит от постоянства ряда факторов: скорости истирания взаимодействующих брикетов, однородности их структуры, плотности спрессовки брикетов, влажности окружающей среды и т.д. Обеспечение на практике постоянства этих случайных

факторов представляется весьма сложным и дорогостоящим [2].

На рис. 3. дозатор приготавливает и подает абразивную пыль в виде суспензии ее с керосином через клапан 6.

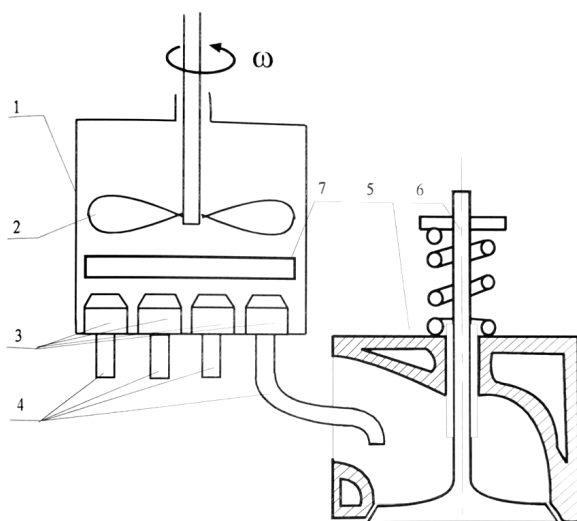


Рисунок 3 – Дозатор абразивной суспензии:  
1 – бак; 2 – мешалка; 3 – жиклеры; 4 – калиброванные трубки; 5 – головка; 6 – впускной клапан; 7 – вибратор

В расходном баке смесь постоянно перемешивается, не давая выпасть абразиву в осадок. На дне бачка по числу цилиндров двигателя установлены жиклеры (3) с отверстиями 0,25 мм. От них смесь по калиброванным трубкам (4) поступает в головку цилиндров (5) в районе впускного клапана (6). Данное устройство хорошо распределяет суспензию по цилиндрам и в течение периода испытаний. Количество керосина, поступающего дополнительно с суспензией, не превышает 1 % от расхода



дизельного топлива и не оказывает влияния на параметры двигателя. В качестве недостатка необходимо отметить сложность изготовления дозатора и специального вибратора (7), обеспечивающих постоянный проход суспензии по трубкам [3,4].

На рис. 4. представлен дозатор пыли, основанный на применении сетчатой ленты (5,7). В герметичном корпусе 1 размещена металлическая сетчатая лента (2), намотанная на барабан (3) и проходящая через щель в бункер, заполненной абразивной пылью. Привод ленты осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор. На выходе ленты из бункера расположены сопло (6) и приемный раструб (7). При работе этого дозатора пыль, находящаяся на ленте, вдувается потоком сжатого воздуха из сопла в приемный патрубок и далее поступает во всасывающий коллектор (5). Требуемая дозировка пыли достигается путем изменения размеров щели бункера (8) и скорости прохождения ленты через эту щель. В этой конструкции обеспечение равномерного режима дозирования абразива усложняется необходимостью поддержания целого ряда случайных факторов (скорость движения ленты, постоянство толщины слоя абразива, давление сжатого воздуха) в требуемых пределах.

При стендовой обкатке дизелей с целью сокращения продолжительности приработки с 40-60 ч до 25-35 ч. применяется элементоорганическая присадка АЛП-4Д. Присадка хорошо растворяется в цельном топливе и беспрепятственно проходит через топливные фильтры, форсунки. При обкатке дизелей на топливе с присадкой в концентрации 1% по массе не наблюдается повышенного нагарообразования в камере сгорания и закоксовывание распылителей форсунок. При сгорании присадки вместе с топливом образуются твердые частицы окислов алюминия, выпадающие мелкодисперсной форме (диаметр частиц 2–

3 мкм). Частицы, смешиваясь с моторным маслом, на стенках цилиндров образуют пасту, ускоряющую приработку деталей цилиндропоршневой группы.

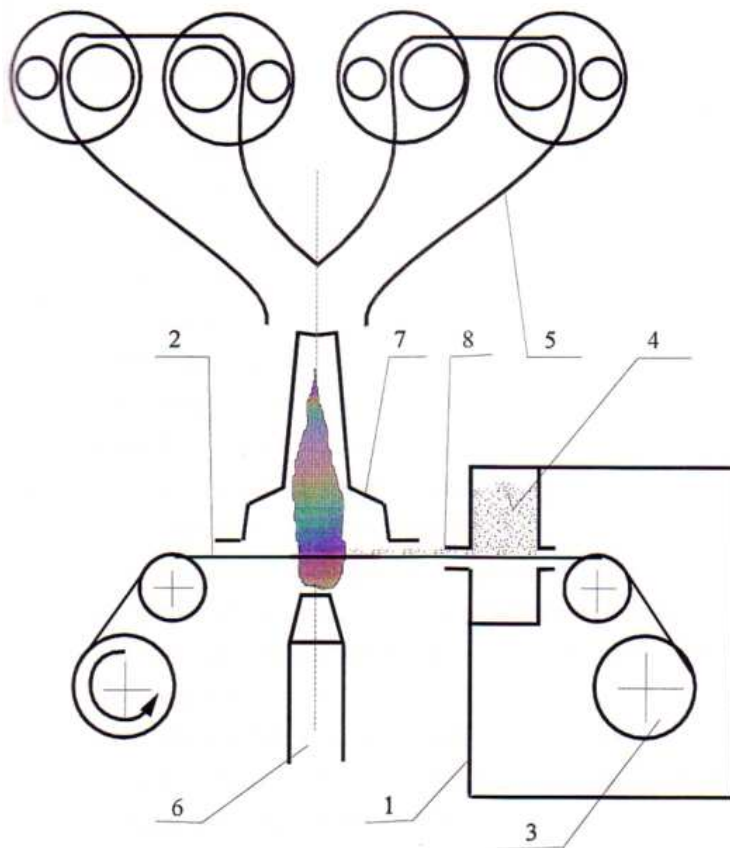


Рисунок 4 – Дозатор пыли с сетчатой лентой:  
 1 – корпус; 2 – лента; 3 – барабан; 4 – бункер с пылью;  
 5 – входной коллектор; 6 – сопло; 7 – раструб; 8 – щель

На поверхности, не относящиеся к цилиндропоршневой группе, присадка вредного влияния не оказывает.

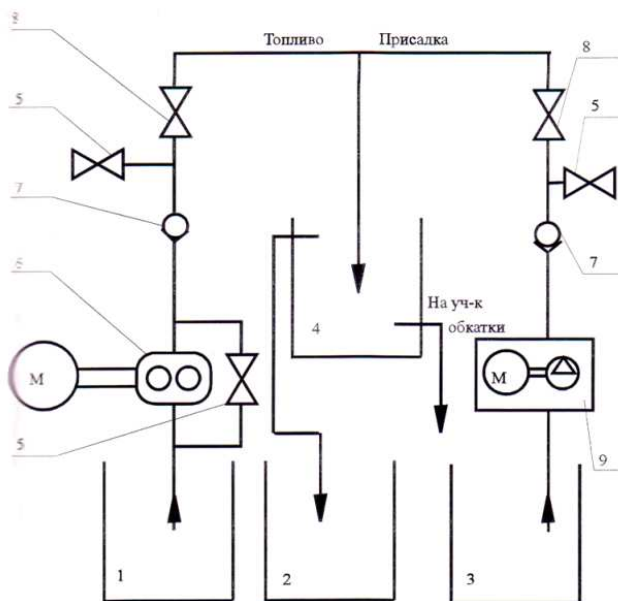


Рисунок 5 – Смесительное дозирующее устройство КИ-11138: 1, 2, 3, 4 – бак с топливом, резервный с присадкой; 5 – вентиль; 6 – насос подачи топлива; 7 – клапан; 8 – кран; пробковый; 9 – насос дозатора присадки

Для приготовления смеси топлива с присадкой используют смесительное дозирующее устройство КИ11138А (рис.5.), обеспечивающее автоматический долив топлива с присадкой в расходный бак и поддержание заданий концентрации смеси.

На рис. 6. показана схема процесса изнашивания при периодической подаче абразива в сопряжения.

Однократное введение абразивного материала в цилиндропоршневую группу вызывает резкий прирост износа в короткое время, а далее изнашивания почти не происходит. Абразивные частицы имеют различные размеры и, попадая в зазор гильза-поршень, поршень-кольцо, кольцо-гильза, разрушаются под действием многократного приложения касательных и нормальных сил, врезаются в более мягкий материал. В это время происходит процесс интенсивного изнашивания. По достижении частицами через время  $T$  размера соизмеримого с величиной микронеровностей ускоренный процесс изнашивания прекращается.

К моменту достижения частицами нижней части гильз они имеют размер, который позволяет им беспрепятственно проходить через зазоры, не вызывая износа остальных деталей. Форма износа и его величина совпадает с реальной в эксплуатации. Равномерная подача по цилиндрам и в период испытаний позволяет получить аналогичный эффект.

Вышеприведенные методы дозирования абразивных материалов, конструкции самих дозаторов, условия их работы не позволяют с достаточной точностью дозировать и равномерно распределять во времени и по цилиндрам дизелей абразивные материалы и имеют сложную конструкцию.

Следует отметить, что наиболее рациональным является применение метода циклического ускорения режимов, разработанного в сочетании с равномерной подачей абразивов в масло и в топливо.

Для организации автоматизированной подачи абразива необходимо разработать приспособление – дозатор. Для обеспечения сопоставимых результатов испытаний отремонтированных дизелей различными ремонтными предприятиями необходима проработка

задачи эталонирования дизелей для ускоренных испытаний применительно к каждой испытательной станции с учетом возможных расхождений в циклах, режимах и абразивов.

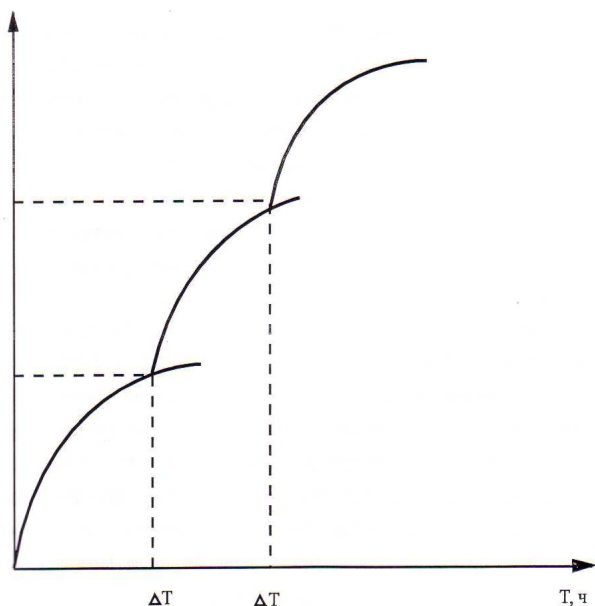


Рисунок 6 – Схема процесса изнашивания поверхностей периодической подаче абразивного материала в сопряжения

По результатам анализа состояния вопроса намечены следующие основные задачи исследования:

1. Разработать и экспериментально обосновать методика и режимы ускоренных стендовых испытаний с целью определения послеремонтных ресурсов отремонтированных дизелей.

2. Обосновать параметры и разработать дозатор подачи абразива в дизель.

3. Теоретически и экспериментально обосновать режимы и длительность усеченных ускоренных испытаний дизелей.

4. Разработать и реализовать практические методики для автоматизированного определения послеремонтного ресурса и управления процессом ускоренных ресурсных испытаний двигателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арабян С. Г. Обкатка двигателей внутреннего сгорания // Тракторы и с.х. машины. 1961. № 6. С. 11-14.

2. А. с. 457883 (СССР) Устройство дозирования абразивной пыли / Г. В. Красильников, Г. П. Масленников, А. Д. Соколов Б. И. 3. 1975. С.59.

3. Величкин И. Н., Воропаев В. В. и др. Больше внимания очистке воздуха // Техника в сельском хозяйстве. 1970. № 9. С.66-68.

4. Величкин И. Н., Трухан Ж. П. Ускоренные испытания тракторных дизелей: обзор, информ. – М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш. 1986. (сер.1.Тракторы и двигатели. Вып.6).

5. Гурвич И. Б., Панов Ю. М. Оценка износостойкости цилиндров двигателя ГАЗ и ЗМЗ методом ускоренных стендовых испытаний // Автомобильная промышленность. 1971. № 11. С. 7-10.

6. Методика ускоренных стендовых испытаний по оценке безотказности работы, стабильности технико-экономических параметров и износостойкости основных деталей отремонтированных тракторных дизелей. Научн. отчет. М.: ГОСНИТИ-НАТИ, 1980. 21 с.

## THE METHODOLOGY AND THE BASIC PRINCIPLES OF SUPPLY OF ABRASIVE INTO ENGINE IN THE CONDITION OF ACCELERATED TESTING

*Keywords: depreciation, accelerated testing, repair, bedding, device.*

*The summary. The aim of the study is to undertake by improving processes running-CPG by apply in filler. The proposed design does not allow applying the filler material in the form of aerosol spray directly into the combustion piston assemblies, without preparation, which significantly increases the run-time savings and engine repair in general.*

---

**СОРОКИН ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ** – старший преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино (ivansorokin@bk.ru).

**ПУЧИН ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ** – д.т.н., профессор зав. кафедрой «Ремонт машин» ФГБОУ Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина (rkt@msau.ru).

**SOROKIN IVAN ALEXANDROVICH** – the senior teacher of the chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state enginee-ring-economic institute, Russia, Knyaginino, (ivansorokin@bk.ru).

**PUCHIN EVGENI ALEXANDROVICH** – the doctor of technical sciences, the professor, the manager of the chair «Repair machines» FGBOU «Moscow state agrari university by Goryachkin» (rkt@ms-au.ru).

---

*Н. В. ОБОЛЕНСКИЙ, Д. Ю. ДАНИЛОВ,  
Ш. Х. МУСТАФИН*

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАССЕТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА**

***Ключевые слова:** экономическая эффективность, кассетное устройство, шнековая конструкция, исследования, удельные затраты электроэнергии, влажосъём.*

***Аннотация.** Приводится технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения кассетного устройства для сушки зерна, созданного на кафедре «Механика и сельскохозяйственные машины» ГБОУ ВПО НГИЭИ (патент РФ № 115164).*

Изготовление устройства для сушки зерна [1] может производиться как в промышленных предприятиях, так и в сельских мастерских.

Опытный образец устройства [2,3], подвергшийся исследованиям, изготовлен в лаборатории кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины» ГБОУ ВПО НГИЭИ.

Технико-экономическая эффективность использования устройства заключается в том, что создан инструмент, позволивший при незначительных затратах (балансовая стоимость устройства  $C_B = 18565,6$  руб.) провести исследования и выявить преимущества кассетной конструкции устройства для сушки зерна в малых формах хозяйствования перед широко распространённой шнековой конструкцией. В частности, применение кассетного устройства позволяет получать готовый продукт – доведён-



ное до требуемой кондиции зерно с требуемым стандартом качеством (по всхожести семян и качеству хлебопекарных свойств) при удельных затратах электроэнергии  $W_{y\partial} = 8 \pm 2,5$  Вт·ч/кг %, обеспечивает за один проход до 5 % испарение влаги из зерна пшеницы при оптимальной температуре сушильного агента  $60 \pm 2,5$  и по всем конструктивно-технологическим параметрам, кроме пропускной способности, превосходит шнековый аналог (патент РФ №2371650). При этом пропускная способность касетного устройства может быть легко увеличена за счет увеличения ёмкости кассеты при незначительном (до 5 %) увеличении массы.

Само по себе вновь созданное устройство дивидендов не приносит, но результаты его тестирования создают предпосылки экономии электроэнергии при сушке зерна, неизбежной практически во всех хозяйствах после уборки, зачастую во время хранения и в других случаях. Это позволяет экономить значительные денежные средства, в чем можно убедиться на примере апробации касетного устройства в ООО «Кузьминка».

В процессе апробации было просушено  $G_3 = 15$  т. зерна. Средняя температура воздуха варьировалась в пределах  $55\text{--}65$  °С, время обработки составляло 12–15 мин, а скорость движения воздуха – 3,8–4,4 м/с. При этом влагосъём составлял 4–5 %, температура обработанного зерна на выходе из устройства –  $35\text{--}40$  °С, а удельные затраты электроэнергии  $W_{y\partial}$  находились в пределах 6,5–8,0 Вт·ч/кг %.

Исходя из уравнения

$$W_{y\partial} = \frac{W}{G_3 \Delta \omega} , \quad (1)$$

где  $W$  – количество электроэнергии, израсходованной на сушку зерна и прокачку воздуха, Вт·ч;  $G_3$  – масса просушиваемого зерна, кг;  $\Delta \omega$  – разница влажности зерна до и после сушки, %, определяемая по уравнению

$$\Delta\omega = \omega_{\text{вх}} - \omega_{\text{вых}}, \quad (2)$$

где  $\omega_{\text{вх}}$  – влажность зерна до сушки, %;  $\omega_{\text{вых}}$  – влажность зерна после сушки, %,

затраты электроэнергии составили:

$$W = 7,25 \cdot 15000 \cdot 4,5 = 489375 \text{ Вт}\cdot\text{ч},$$

где 7,25 – усреднённая величина  $W_{\text{уд}}$ , а 4,2 – усреднённая величина влагосъёма  $\Delta\omega$ .

При стоимости 1 кВт·ч 4,56 руб. затраты в денежном эквиваленте составили:

$$C_C = 4,56 \cdot 489,375 = 2232 \text{ руб.}$$

При сушке зерна в шнековом устройстве было бы:

$$W = 9,2 \cdot 15000 \cdot 4,5 = 621000 \text{ Вт}\cdot\text{ч};$$

$$C_C = 4,56 \cdot 621,0 = 2832 \text{ руб.}$$

Таким образом, затраты на оплату электроэнергии при сушке 15 т зерна кассетным устройством на 600 руб. меньше, чем при сушке шнековым устройством. Т.е. сушка 1 т зерна кассетным устройством на 40 руб. дешевле, чем шнековым устройством. Если принять во внимание, что ООО «Кузьминка» просушивает до 350 т зерна в год на сушилке СКУ-10, рис.1, технические характеристики которой приведены в табл.1, то не трудно рассчитать возможный экономический эффект от замены сушилки СКУ кассетным устройством.



Рисунок 1 – Сушилки карусельные универсальные СКУ

Таблица 1 – Технические характеристики сушилок СКУ.

Характеристики	СКУ-15	СКУ-10	СКУ-5	СКУ-2,5
Производительность, пл. т/ч на семенном режиме	6,5	5,4	2,5	1,25
на продовольственном	15	10	5,0	2,5
Производительность за сезон (агросрок)	до 6500т	до 4500т	до 1500т	до 750т
Расход топлива, на 1 пл. т:				
жидкого, кг	до 6	до 6	до 6	до 6
газа, куб. м	до 8	до 8	до 8	до 8
Установленная мощность электродвигателей, кВт	63	51	34	20
Масса, кг	9000	8000	4500	3200

Для удобства записи принимаем формульные символы для кассетного устройства с 1 в подключке, например время сушки  $\tau_1$ , а для СКУ – с 2 в подключке, например  $\tau_2$ .

Время, необходимое для сушки 350 т зерна, ч:

$$\tau_1 = \frac{350}{0,2} = 1750$$

$$\tau_2 = \frac{350}{5,4} = 65,$$

где 0,2 и 5,4 – соответственно, пропускные способности кассетной сушилки СКУ-10, т/ч.

Затраты электроэнергии, необходимой для сушки 350 т зерна, кВт·ч:

$$W_1 = \tau_1 \cdot N_1 = 1750 \cdot 4,9 = 8575,$$

$$W_2 = \tau_2 \cdot N_2 = 65 \cdot 51,0 = 3315,$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – соответственно, мощности, потребляемые кассетной сушилкой и сушилкой СКУ-10, кВт.

Расход топлива, необходимого для сушки 350 т зерна, кг:

$$P_T = 350 \cdot 6 = 2100,$$

где 6 – расход жидкого топлива на сушку 1 т зерна, кг.

Стоимость 2100 кг топлива, руб:

$$C_T = P_T \cdot 25,60 = 2100 \cdot 25,60 = 53760.$$

где 25,60 – стоимость 1 л дизельного топлива, руб.

Стоимость электроэнергии, руб:

$$C_1 = W_1 \cdot 4,56 = 8575 \cdot 4,56 = 39102;$$

$$C_2 = W_2 \cdot 4,56 = 3315 \cdot 4,56 = 15116,4;$$

где 4,56 – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.

Затраты на электроэнергию и топливо, руб.:

$$З_{ЭТ} = C_2 + C_T = 15116,4 + 53760 = 68876,4.$$

Возможный экономический эффект от замены сушилки СКУ кассетным устройством, руб.:

$$Э_э = З_{ЭТ} - C_1 = 68876,4 - 39102 = 29774,4.$$

При такой экономии срок окупаемости приобретения кассетного устройства составит (лет):

$$C_{ок} = \frac{C_Б}{Э_э} = \frac{18565,6}{29774,4} = 0,62$$

**Выводы:** 1. Кассетное устройство обеспечивает должное качество готового продукта, поскольку в процессе производственной апробации не наблюдалось пересушивания зерна, растрескивания его поверхностных слоев и механических повреждений; а лабораториями Большемурашкинского и Краснооктябрьского филиалов Федерального государственного бюджетного учреждения «Россельхозцентр» по Нижегородской области подтверждена сохранность всхожести и энергии прорастания зерна, а также сохранность пекарских свойств семян после тепло-

вой обработки.

2. Конструкция устройства обеспечивает температуры стенок теплогенератора и воздуховода (доступных для соприкосновения обслуживающим персоналом) не превышающую 21,5 °С, т.е. допустимую правилами техники безопасности.

3. Исследованное кассетное устройство эффективнее серийной сушилки СКУ-10, используемой ООО «Кузьминка», поскольку позволяет при сушке 350 т зерна (годовой объём) экономить 29774,4 руб. денежных средств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов Д. Ю. Малогабаритная зерносушилка для фермерских хозяйств / Н. В. Оболенский, Д. Ю. Данилов // «Механизация и Электрификация сельского хозяйства». 2011. № 10. С. 26 – 27.

2. Данилов Д. Ю. Устройство для исследования процесса сушки зерна/ Н. В. Оболенский, Д. Ю. Данилов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2012. № 2(27). С. 60 – 64.

3. Патент на полезную модель № 115164 РФ. Устройство для исследования процесса сушки зерн / Н. В. Оболенский, Д. Ю. Данилов (РФ). – 4 с: ил.1. Опубл. 27. 04. 2012. Бюлл. № 12.

## TECHNICAL-ECONOMIC EFFICIENCY OF USE OF CASSETTE GADGET FOR CROPS DRYING

**Keywords:** *economic efficiency, cassette gadget, sneak construction, researches, losses of electro energy, water removing.*

*The summary. It is done technical-economic use of cassette gadget for crops drying. This gadget was created by the chair «Mechanics and agricultural machines» (patent RF № 115164).*

---

**ОБОЛЕНСКИЙ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ** – доктор технических наук, профессор кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (obolenkinv@mail.ru).

**ДАНИЛОВ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ** – старший преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, (danilovsky@mail.ru).

**МУСТАФИН ШАМИЛЬ ХУСЯИНОВИЧ** – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технологии хранения и переработки с.-х. продукции», Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Россия, Нижний Новгород, (root@agri.sci-nnov.ru).

**OBOLENSKII NIKOLAI VASIL'EVICH** –the doctor of technical sciences, the professor of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (obolenskinv@mail.ru).

**DANILOV DMITRII YUR'EVICH** –the senior teacher of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, (danilovsky@mail.ru).

**MUSTAFIN SHAMIL KHUSYAINOVICH** –the candidate of agricultural sciences, the professor of chair of technology of storage and processing of agricultural production, the Nizhniy Novgorod state agricultural academy, Russia, Nizhniy Novgorod, (root@agri.sci-nnov.ru).

---

*Н. В. ОБОЛЕНСКИЙ, Д. Ю. ДАНИЛОВ*

## **ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА**

***Ключевые слова:** кассетное устройство, теплоизоляция, лабораторные исследования, производственная апробация, влажность.*

***Аннотация.** Приводится практическое и теоретическое обоснование, а также расчет теплоизоляции устройства для исследования процесса сушки зерна.*

Завершены диссертационные исследования на тему: «Обеспечение кондиционной влажности зерна в фермерских хозяйствах путём создания энергосберегающего кассетного устройства для его сушки».

ГБОУ ВПО НГИЭИ получен патент [1] на полезную модель с названием «Устройство для исследования процесса сушки зерна» (в дальнейшем тексте устройство), созданное и изготовленное на кафедре «Механика и сельскохозяйственные машины».

Для определения целесообразности теплоизоляции устройства его опытный образец подвергся испытаниям в лабораторных (рис.1) и производственных условиях ООО «Кузьминка» Краснооктябрьского района Нижегородской области (рис.2).



Рисунок 1 – Лабораторные исследования теплоизоляции устройства



Рисунок 2 – Производственные исследования теплоизоляции устройства

На рис. 3 и 4 показаны результаты замера посредством инфракрасного тепловизора Flir T-335 температурных полей конструктивных элементов устройства.





Рисунок 3 – Температурное поле с наружной стороны воздуховода при: мощности 5,6 кВт и скорости движения воздуха 4,4 м/с

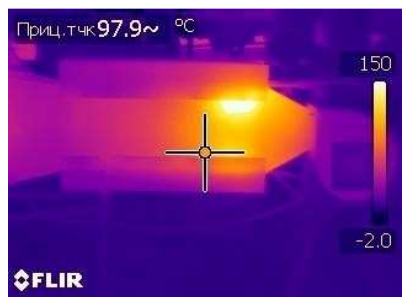
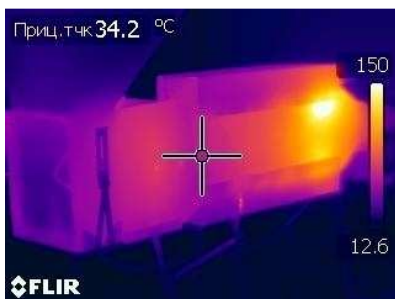
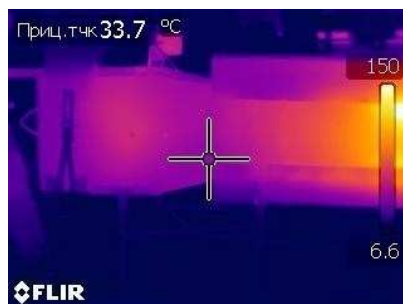
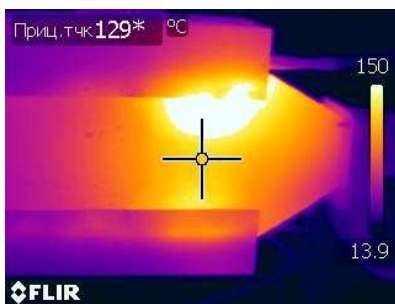


Рисунок 4 – Температурные поля с наружной стороны теплогенератора при: мощности 7,5 кВт и скорости движения воздуха 2,9 м/с

Проведённые исследования показали недопустимо высокие температуры отдельных поверхностей устройства, приводящие к обгоранию красочного покрытия (рис.2) и являющиеся источниками травматизма.

Это обусловило необходимость теоретического обоснования выбора теплоизоляции устройства.

Мощность, необходимая для нагрева сушильного агента (воздуха), рассчитывается по формуле (Вт) [2]

$$P = \frac{GC_p \Delta t_a \psi}{3,6 \tau}, \quad (1)$$

где  $G$  – масса нагреваемой среды, кг;  $C_p$  – удельная теплоемкость нагреваемой среды, кДж/(кг·°C) (табл.19 [2]); перепад между температурами нагретой и абсолютной величиной нагреваемой среды, определяемый по формуле (°C)

$$\Delta t_a = t_a - |t_n|; \quad (2)$$

3,6 – тепловой эквивалент электрической энергии, кДж/(Вт·ч);  $\tau$  – время, за которое требуется нагреть воздух на величину  $\Delta t_a$ , ч;  $\psi$  – коэффициент, учитывающий увеличение мощности на тепловые потери, практические значения которого для не теплоизолированных нагревателей воздуха электрических (НВЭ) 1,03.

Рассчитав необходимую для нагрева воздуха мощность, приступают к выбору и расчету потребного количества ТЭН, их размещению и определению габаритов НВЭ (в устройстве это теплогенератор).

Окончательно габариты НВЭ определяют в зависимости от их типа.

Определив габариты НВЭ, прочность деталей и плотность их соединений, необходимо вычислить температуру его поверхности и КПД.

Температуру наружной поверхности плоских стенок рассчитывают по формуле (°C)

$$t_{\text{ст П}} = \frac{K_{\text{п}} \Delta t_{\text{сд}}}{\alpha_{\text{п}}} + t_{\text{сд}}, \quad (3)$$

где  $K_{\text{п}}$  – коэффициент теплопередачи плоских стенок, Вт/(м·°C);  $t_{\text{сд}}$  – температура среды, окружающей изделие, в частном случае может быть  $t_{\text{сд}} = t_{\text{н}}$ , °C;  $\alpha_{\text{п}}$ , – суммарный коэффициент теплоотдачи плоских стенок, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $\Delta t_{\text{сд}}$  – перепад между температурой, окружающей изделие и нагреваемой в нём среды (°C):

$$\Delta t_{\text{сд}} = t_{\text{а}} - t_{\text{сд}}. \quad (4)$$

Величина  $\alpha_{\text{п}}$  при практических расчетах определяется по заданной температуре наружной поверхности НВЭ и выражаются уравнениям для плоской стенки (по Нуссельту) [Вт/(м<sup>2</sup>·°C)]:

$$\alpha_{\text{п}} = 9,75 + 0,07 (t_{\text{д}} - t_{\text{сд}}), \quad (5)$$

где  $t_{\text{д}}$  – температура наружной поверхности, допустимая по условиям эксплуатации, °C.

Коэффициент теплопередачи для плоской стенки определяется из формулы

$$\frac{1}{K_{\text{п}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{а}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{п}}}, \quad (6)$$

где  $\delta_{\text{ст}}$  – толщина теплопередающей стенки, м;  $\alpha_{\text{а}}$  – коэффициент теплоотдачи нагреваемого в НВЭ воздуха, который при некоторых практических расчетах НВЭ можно вычислять по формулам Шака, Вт/(м<sup>2</sup>·°C). В частности, коэффициент турбулентного потока воздуха в пучке ТЭН прямоугольных НВЭ [Вт/(м<sup>2</sup>·°C)]:

$$\alpha_{\text{а}} = f_{\text{а,б}} f(\text{Ш})'' \frac{v_{0\text{max}}^{0,6}}{d_{\text{эк}}^{0,39}} = f_{\text{а,б}} \frac{1,6 \sqrt[4]{T_{\text{к}}} v_{0\text{max}}^{0,61}}{d_{\text{эк}}^{0,39}}, \quad (7)$$

где  $v$  – средняя скорость движения среды в подогревателе, м/с;  $v_0$  – скорость газа при  $t = 0$  °С и давлении  $10,2 \cdot 10^{-6}$  Па, определяемая по формуле (м/с)

$$v_0 = \frac{273v}{273 + t_a}; \quad (8)$$

$T_K$  – температура нагреваемой среды по Кельвину;

$d_{\text{ЭК}}$  – диаметр сечения, эквивалент-ного прямоугольному, определяемый по формуле (2.3);  $f_{a,b}$  – коэффициент, учитывающий способ расположения ТЭН, а также отношение шага  $s$  к их диаметру, определяемый по формулам: для коридорного расположения ТЭН (рис.5, а)

$$f_a = 1,07 - 0,65 \frac{\left(\frac{s_2}{D_{\text{ЭК}}}\right)^{1,5}}{\left(\frac{s_1}{D_{\text{ЭК}}}\right)^4}, \quad (9)$$

для шахматного расположения ТЭН (рис.5, б)

$$f_b = 0,874 + \frac{0,286}{\left(\frac{s_1}{D_{\text{ЭК}}}\right)^2} + 0,84 \left(\frac{s_2}{D_{\text{ЭК}}}\right), \quad (10)$$

где  $s_1, s_2$  – шаги поперечного и продольного расположения ТЭН, м.

Если представить НВЭ как замкнутый объем с температурой воздуха внутри него  $t_a = \text{const}$  и омываемый воздухом с температурой  $|t_n| = \text{const}$ , то за температуру его стенки, имеющей толщину 1,5 мм, можно принять полу-сумму температур  $t_a$  и  $|t_n|$ . В самом же деле внутренняя полость НВЭ сообщается с внешней, и в ней, кроме разогретого воздуха, имеются разогретые ТЭН [3], нагревающие стенку еще и посредством излучения, вследствие чего фактическая температура

$$t_{\text{CT}} > 0,5 (t_a + |t_{\text{H}}|), \quad (11)$$

в частности, при установке НВЭ на открытом воздухе (°C):

$$t_{\text{CT}} = 0,535 (t_a + |t_{\text{H}}|), \quad (12)$$

а при установке в теплоизолированном корпусе (°C):

$$t_{\text{CT}} = 0,740 (t_a + |t_{\text{H}}|). \quad (13)$$

Более высокой температуры стенки НВЭ при работе ее в теплоизолированном корпусе можно достичь нагревом воздуха внутри этого корпуса. Экспериментальные исследования проф. Оболенского Н.В. показывают, что температура стенки НВЭ в этом случае (°C):

$$t_{\text{CT}} = 0,560 (t_a + t_{\text{CD}}), \quad (14)$$

а при установке в теплоизолированном корпусе (°C):

$$t_{\text{CD}} = 1,786 t_{\text{CT}} - t_a. \quad (15)$$

Рассчитанная температура наружной поверхности изделия сравнивается с заданной или допустимой для подогревателей данного типа. Если полученная расчетная температура поверхности подогревателя больше заданной или допустимой, следует заменить материал корпуса (в случае небольшой разницы) или изолировать НВ, ввести в его конструкцию защитный кожух и повторить расчет (в случае значительной разницы и невозможности замены материала). Изменяя параметры теплоотдающей поверхности, материал и толщину корпуса, вводя теплоизоляцию и кожухи, можно добиться необходимых результатов. Однако следует по возможности избегать введения дополнительных элементов в конструкции подогревателей, так как они значительно увеличивают их габариты, массу и стоимость. Поэтому теплоизоляционные материалы в конст-

рукциях подогревателей следует применять только в обоснованных случаях. Например, для уменьшения тепловых потерь емкостных подогревателей жидкостей, в которых среда в нагретом состоянии должна сохраняться значительное время без подогрева, или подогревателей, температура наружных поверхностей которых без теплоизоляции превышает допустимые нормы.

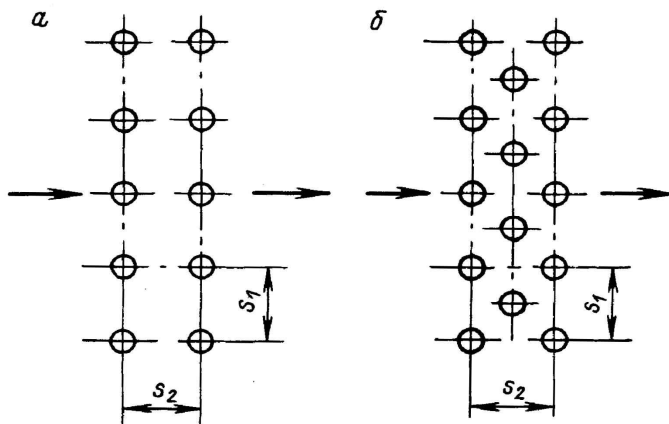


Рисунок 5 – Схемы расположения ТЭН:

*a* – коридорная; *б* – шахматная.

$s_1, s_2$  – шаг между оболочками ТЭН

Расчет температуры наружной поверхности подогревателей, имеющих тепловую изоляцию и кожухи, ведется с введением в формулу (5.6) дополнительных слагаемых:

$$\frac{1}{K_{\text{п}}} = \frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta'_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta'_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}; \quad (16)$$

где  $\delta'_1, \dots, \delta'_n$  – толщина изоляции, кожуха и т. д., м;  
 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  – коэффициент теплопроводности материалов слоя изоляции, кожуха и т. д., Вт/(м·°С);  $\alpha_a$  и  $\alpha_n$  – соответственно

коэффициенты теплоотдачи турбулентного потока воздуха нагреваемого в устройстве и суммарный коэффициент теплоотдачи плоских стенок, Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

Тепловыделения (тепловые потери) с нагретой поверхности определяются по формуле (Вт)

$$\phi_{\Pi} = \alpha F_{\text{ПВ}} (t_{\text{ПВ}} - t_{\text{сд}}), \quad (17)$$

где  $F_{\text{ПВ}}$  – площадь теплоотдающей поверхности, м<sup>2</sup>;  
 $t_{\text{ПВ}}$  – температура теплоотдающей поверхности, в частных случаях  $t_{\text{ПВ}} = t_{\text{СТ}}$ , °C.

Тепловые потери изделия, имеющего несколько различно ориентированных поверхностей, равны (Вт):

$$\phi_{\Pi} = \sum_{i=1}^n \phi_{\Pi_i} = \sum_{i=1}^n \alpha_i F_{\text{ПВ}_i} (t_{\text{ПВ}_i} - t_{\text{сд}_i}), \quad (18)$$

где  $n$  – число теплоотдающих поверхностей.

Теплоотдача в среду, охлаждающую изделие, определяется по формуле (Вт)

$$\phi_{\Pi_{\text{В}}} = \frac{Y' \gamma C_p \Delta t'_{\text{сд}}}{3,6}, \quad (19)$$

где  $Y'$  – расход воздуха через изделие, м<sup>3</sup>/ч;  $\Delta t'_{\text{сд}}$  – перепад температур между температурой нагретого воздуха (агента сушки) охлаждающей среды и температурой среды, окружающей НВ (°C):

$$\Delta t'_{\text{сд}} = t_{\text{Н ср}} - t_{\text{сд}}. \quad (20)$$

Чтобы рассчитать КПД изделия, сначала определяют тепловые потери по формуле (19) или (Вт)

$$\phi_{\Pi_{\text{П}}} = K_{\Pi} F_{\Pi} (t_{\text{ПВ}} - t_{\text{сд}}); \quad (21)$$

где  $F_{\Pi}$  – площадь плоской стенки (поверхности), м<sup>2</sup>.

Расчетный КПД в общем случае определяется из отношения утилизируемой части мощности к потребному

количеству энергии для тепловой обработки среды по формуле

$$\eta = \frac{P - \sum_{i=1}^n \phi_{п.ц.}}{P}. \quad (22)$$

КПД нагревателя не должен быть менее 95 %. В том случае, когда расчетный КПД окажется меньше допустимого, следует ввести в конструкцию изделия тепловую изоляцию, увеличить первоначально принятую ее толщину или применить другой теплоизоляционный материал с меньшим коэффициентом теплопроводности и повторить расчет.

Из исследований опубликованных в [2] следует, что при обеспечении КПД нагревательного устройства больше 95 % температуры его поверхностей не превышают норм, требуемых Правилами техники безопасности.

Сущность практического расчета теплоизоляции кассетного устройства состоит из выбора теплоизоляционного материала и расчета его толщины.



Рисунок 6 – Теплоизолированное устройство для сушки зерна



Для теплоизоляции устройства (рис.6) выбран утеплитель изовер фольгированный, а для расчета её толщины принята формула (2.22), из которой следует, что толщина слоя теплоизоляции, м:

$$\delta'_1 = \lambda_1 \left( \frac{1}{K_{\text{п}}} - \frac{1}{\alpha_a} - \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} - \frac{\delta'_{\text{п}}}{\lambda_{\text{п}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{п}}} \right), \quad (23)$$

где  $\lambda_{\text{ст}}$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_{\text{п}}$  – коэффициенты теплопроводности материалов стенки, теплоизоляции и фольги, Вт/(м·°C):  $\lambda_{\text{ст}} = 52$ ,  $\lambda_1 = 0,05$ ,  $\lambda_{\text{п}} = 230$ ;  $\delta_{\text{ст}}$ ,  $\delta'_1$ ,  $\delta'_{\text{п}}$  – толщины стенки, теплоизоляции и фольги, м;  $\delta_{\text{ст}} = 0,002$ ,  $\delta'_1 = 0,0002$ ;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент теплопередачи плоских стенок, Вт/(м·°C);  $\alpha_{\text{п}}$  – суммарный коэффициент теплоотдачи плоских стенок, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);  $\alpha_a$  – коэффициент теплоотдачи нагреваемого в теплогенераторе воздуха, Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

$\alpha_a$  определяем по формуле (7), для чего рассчитываем  $f_a$  по формуле (9)  $D_3$

$$f_a = 1,07 - 0,65 \frac{\left( \frac{0,11}{0,009} \right)^{1,5}}{\left( \frac{0,1}{0,009} \right)^4} = 1,068;$$

$v_0$  по формуле (8)

$$v_0 = \frac{273 \cdot 3,8}{273 + 60} = 3,11 \text{ м/с};$$

$D_3$  – диаметр сечения кожуха эквивалентного прямоугольному, определяем по формуле, м

$$D_3 = \sqrt{\frac{4bh}{\pi}}, \quad (24)$$

где  $b$  – ширина живого сечения теплогенератора, м;

$h$  – высота живого сечения теплогенератора, м;

$$D_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22 \cdot 0,35}{\pi}} = 0,31 \text{ м}.$$

Таким образом,

$$\alpha_g = 1,068 \frac{1,6 \sqrt[4]{333} \cdot 3,11^{0,61}}{0,31^{0,39}} = 23,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$\alpha_n$  определяем по формуле (5):

$$\alpha_n = 9,75 + 0,07(35 - 20) = 10,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$K_n$  определяем из формулы (6), Вт/ (м<sup>2</sup>·°C),

$$K_n = 10,8 \times (35 - 20) : 40 = 4,05.$$

Расчётная толщина слоя теплоизоляции будет, м:

$$\delta_1 = 0,05 \left( \frac{1}{4,05} - \frac{1}{23,1} - \frac{0,002}{52} - \frac{0,0002}{230} - \frac{1}{10,8} \right) = 0,11.$$

Принимаем толщину изоляции равной двум слоям изоверафольгированно, выпускающегося толщиной 0,05 м, т.е. равной 0,1 м.

Для проверки правильности расчета толщины изоляции по формуле (21) определяем тепловые потери, Вт,

$$\phi_{n1} = 4,05 \times 1,82(35 - 20) = 113,6,$$

а по формуле (22) – КПД, который не должен быть менее 95 %.

$$\eta = \frac{4900 - 113,6}{4900} = 0,977.$$

Процесс отработки теплоизоляции опытного образца устройства отражен на рис. 7



Рисунок 7 – Экспериментальная отработка теплоизоляции

В таблице 1 приведены сравнительные данные температур конструкционных элементов теплоизолированного и не теплоизолированного устройства.

Адекватность результатов теоретического и экспериментального исследования определяется степенью согласованности результатов расчетов по формулам выбранных математических моделей исследуемых процессов с экспериментальными данными.

Анализ данных показывает, что введение теплоизоляции понижает температуры стенок теплогенератора на 49,9...57,6, а стенок воздуховода на 17,7...18,7 °С, т.е. понижает температуры с недопустимых 38,5...40,1 °С у стенок воздуховода до 20,6...21,5 и с 70,3...78,8 до 20,1...21,2 °С у стенок теплогенератора.

Таблица 1– Сравнительные данные температур конструкционных элементов теплоизолированного и не теплоизолированного устройства

Конструкционный элемент – стенка	Температуры конструкционных элементов, °С	
	теплоизолированных	не теплоизолированных
теплогенератора правая	20,9	72,4
теплогенератора левая	20,1	70,3
теплогенератора верхняя	21,2	78,8
теплогенератора нижняя	20,7	76,1
воздуховода правая	21,2	39,2
воздуховода левая	20,8	38,5
воздуховода верхняя	21,5	40,1
воздуховода нижняя	20,6	39,3

Таким образом, экспериментально доказано, что конструкция устройства обеспечивает безопасную эксплуатацию, а теоретические расчеты по вышеприведённым формулам позволяют определить наиболее оптимальное решение теплоизоляции.

Выводы:

1. Создано и запатентовано кассетное устройство для сушки зерна.
2. Разработан алгоритм с математическим обеспечением расчета теплоизоляции, произведён расчет, осуществлена теплоизоляция и её исследования опытного образца кассетного устройства для сушки зерна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оболенский Н. В. Электронагрев в сельскохозяйственных обрабатывающих и перерабатывающих производствах: монография. Н.Новгород: НГСХА. 2007. 350 с.
2. Оболенский Н. В. Электронагрев в сельскохозяйственных обрабатывающих и перерабатывающих производствах: монография. Н.Новгород: НГСХА. 2007. 350 с.
3. Патент на полезную модель № 115164 РФ. Устройство для исследования процесса сушки зерна / Н. В. Оболенский, Д. Ю. Данилов (РФ). – 4 с: ил.1. Оpubл. 27.04.2012. Бюлл. № 12.
4. Рудобашта С. П., Оболенский Н. В., Мокеев А. А. Устройство для экологически чистого нагрева воздуха //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. №11. С.13 – 14.

## NECESSITY OF USE HEAT ISOLATION GADGET FOR RESEARCH OF PROCESS OF CROPS DRYING

**Keywords:** *cassette gadget, heat isolation, laboratory researches, manufacturing approbation, humidity.*

**The summary.** *It is done practical and theoretical necessity and calculation of heat isolation gadget for research of process of crops drying.*

---

**ОБОЛЕНСКИЙ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ** – доктор технических наук, профессор кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, ([obolenkinv@mail.ru](mailto:obolenkinv@mail.ru)).

**ДАНИЛОВ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ** – старший преподаватель кафедры «Механика и сельскохозяйственные машины», Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, Россия, Княгинино, ([danilovdy@mail.ru](mailto:danilovdy@mail.ru)).

**OBOLENSKII NIKOLAI VASIL'EVICH** –the doctor of technical sciences, the professor of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, ([obolenskinv@mail.ru](mailto:obolenskinv@mail.ru)).

**DANILOV DMITRII YUR'EVICH** –the senior teacher of chair of mechanics and agricultural cars, the Nizhniy Novgorod state engineering-economic institute, Russia, Knyaginino, ([danilovdy@mail.ru](mailto:danilovdy@mail.ru)).

---