

3. Patent № 2641705. Rossijskaya Federaciya. MPK A23N17/00. Sverhвысокочастотная установка для обеззараживания сыпучего сырья в непрерывном режиме: 2016148587; заявл. 09.12.2016; опubl. 22.01.2018 / V. L. Osokin, A. N. Korobkov, G. V. Novikova [i dr.]. – 15 s.
4. Patent № 2710063. Rossijskaya Federaciya. MPK VO2V3/00. Ustanovka dlya shelusheniya rapsa v elektromagnitnom pole sverhвысокой частоты: 2019109760; заявл. 15.03.2019; опubl. 24.12.2019 / E. A. SHamin, O. V. Mihajlova, M. V. Belova [i dr.]. – 15 s.
5. Renzeev, A.O. Razrabotka kompleksa oborudovaniya i issledovaniya processa razdeleniya rushanki semyan rapsa: avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / A. O. Renzeev. – Kemerovo: FGBOU VPO KemTIPP, 2013. – 20 s.
6. Sovremennye tekhnologii pererabotki rapsa. – Tekst: elektronnyj // Oilbranch.com. – URL: oilbranch.com›publ/view/191.html (data obrashcheniya 16.03.2021).
7. JHIUdarnye shelushiteli –JKMachinerys.r.o. – Tekst: elektronnyj // Jk-machinery.ru. – URL: Jk-machinery.ru ›mashiny/jhi-udarnye-shelushiteli/ (data obrashcheniya 16.03.2021).

#### **Information about authors**

1. **Novikova Galina Vladimirovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Management of Scientific Research and Training of Scientific and Pedagogical Personnel, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. Oktyabrskaya, 22 a; e-mail: NovikovaGalinaV, tel. 89279940052;
2. **Mikhailova Olga Valentinovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Infocommunication Technologies and Communication Systems, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. Oktyabrskaya, 22 a; e-mail: ds17823@yandex.ru, tel. 89196725370;
3. **Prosviryakova Maryana Valentinovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrification and Automation, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. Oktyabrskaya, 22 a; e-mail: maryana\_belova\_803@mail.ru, tel. 89530155394;
4. **Bulatov Viktor Alexandrovich**, Master student, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. Oktyabrskaya, 22 a; e-mail: Invincible.wolf5 @gmail.com, 87 986 725 19 28;
5. **Sinitsin Alexander Anatolyevich**, Assistant of the Department of Electrification and Automation, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, 606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. Oktyabrskaya, 22 a; e-mail: sinitsin.alexander777. @ yandex.ru, 89108889602.

УДК 631.363.7

### **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОГО СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ КОРМОВ**

**П. А. Савиных, Н. В. Турубанов, Н. А. Чернягев, С. П. Герасимова, Д. А. Зырянов**

*Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого*

*610007, г. Киров, Российская Федерация*

**Аннотация.** Разрабатываемые конструкции смесителей должны не только обеспечивать качественное смешивание материалов, но и быть эффективными с экономической точки зрения. В качестве показателей эффективности смесителей обычно используют технико-экономическую и энергетическую оценки. Многие выпускаемые сегодня различными производителями смесители имеют высокую энерго- и металлоёмкость, что существенно снижает эффективность использования таких машин. Таким образом, разработка смесителя, позволяющего получать кормовые смеси с высоким коэффициентом однородности и снижать экономические и энергетические затраты, на сегодняшний день является актуальной задачей. В ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого») разработан и изготовлен горизонтальный ленточный смеситель СШЛ-3. Он позволяет получать многокомпонентные смеси, предназначенные для кормления различных групп животных и птиц, соответствующие по качеству зоотехническим требованиям. В качестве сравнимого аналога был выбран серийно выпускаемый смеситель СГЛ-1 фирмы ООО «Агромаш» (г. Нижний Новгород). Смесители имеют одинаковую мощность установленных двигателей, сопоставимые пропускную способность и качество смешивания готового продукта. Проведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что разработанный смеситель СШЛ-3, в сравнении с выпускаемым СГЛ-1, позволяет снизить капитальные вложения на 38,5 %, прямые эксплуатационные затраты – на 15,2 %, приведенные затраты – на 23,4 %. Применение нового технического

средства позволяет получить годовой экономический эффект в 111 491 руб. (в сравнении с машиной (СГЛ-1)). Уровень интенсификации по полным энергетическим затратам равен 9 %. Было зафиксировано наибольшее снижение затрачиваемой энергии на единицу продукции по производственным помещениям (42 %) и по прямым затратам энергии (11 %).

**Ключевые слова:** смеситель, смешивание, комбикорма, экономическая эффективность, энергетическая оценка, уровень интенсификации, энергозатраты.

**Введение.** Разрабатываемые вновь конструкции смесителей должны не только обеспечивать качественное смешивание материалов, но и быть эффективными с экономической точки зрения. Показателем эффективности смесителей является их технико-экономическая и энергетическая оценка. Многие выпускаемые различными производителями смесители имеют высокую энерго- и металлоёмкость, что значительно снижает эффективность использования этих машин. Таким образом, разработка смесителя, позволяющего получать кормовые смеси с высоким коэффициентом однородности и снижать экономические и энергетические затраты, является актуальной задачей.

**Цель исследования** – технико-экономическая и энергетическая оценка горизонтального ленточного смесителя.

**Задачи исследования.** На основании рассмотренных критериев эффективности использования разработанных смешивающих машин были поставлены следующие задачи: рассчитать технико-экономические и энергетические показатели оценки горизонтального ленточного смесителя.

**Материалы и методы исследования.** В ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока был разработан и изготовлен горизонтальный ленточный смеситель СШЛ-3. Новизна конструктивно-технологических параметров смесителя подтверждена патентом РФ № 2638978 [7]. Смеситель состоит из корпуса 1, камеры смешивания 2, ленточного шнека 3, загрузочного патрубка 4, выгрузного патрубка 5, двигателя 6, редуктора 7 (рис. 1). Работает смеситель следующим образом. По загрузочным шнекам 8 через загрузочный патрубок 4 компоненты поступают в камеру смешивания 2, где ленточным шнеком 3, приводимым во вращение двигателем 6 через редуктор 7, а затем смешиваются и выгружаются через выгрузной патрубок 5. Выгрузным шнеком 9 готовая смесь подается в накопительную ёмкость. Благодаря конструкции шнека, обеспечивается послойное движение материала внутри камеры смешивания, что позволяет повысить эффективность перемешивания компонентов, снизить энергозатраты, а также способствует полной выгрузке готового продукта из смесителя [10].

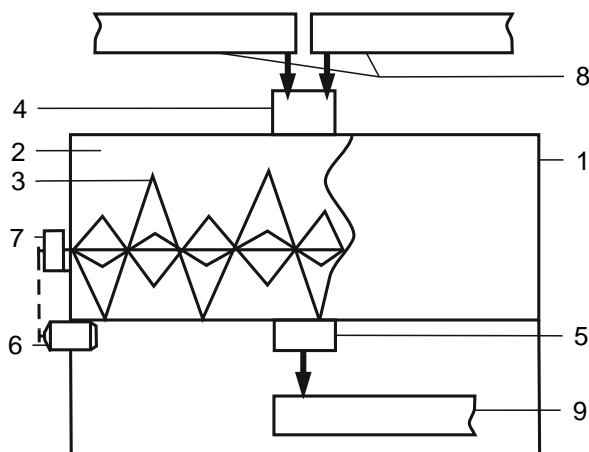


Рис.1. Конструктивно-технологическая схема смесителя: 1 – корпус; 2 – камера смешивания; 3 – ленточный шнек; 4 – загрузочный патрубок; 5 – выгрузной патрубок; 6 – двигатель; 7 – редуктор; 8 – загрузочный шнек; 9 – выгрузной шнек

В качестве сравниваемого аналога был выбран серийно выпускаемый смеситель СГЛ-1 фирмы ООО «Агромаш» (г. Нижний Новгород). Смесители имеют одинаковую мощность установленных двигателей, сопоставимую пропускную способность и качество смешивания готового продукта.

Технико-экономическое обоснование помогает оценить перспективы вновь разрабатываемых машин и сравнить их с уже существующими аналогами. На основании технико-экономических показателей проводится анализ перспективности новой конструкции машины [1], [2].

Одним из критериев, позволяющих наиболее достоверно и объективно сравнить разработанную конструкцию смесителя и выпускаемую ООО «Агромаш» модель, является энергоэффективность. Данный показатель характеризует собой уровень развития применяемой техники и технологий и позволяет оценить энергетические затраты [3],[4], [5].

**Результаты исследований и их обсуждение.**

*Расчет технико-экономических показателей.* Техничко-экономические характеристики используются для сравнения новых вариантов конструкций с уже существующими и позволяют определить не только их место на рынке новых образцов техники, но и перспективы развития [9].

Сравнивали технико-экономические показатели горизонтального ленточного смесителя СШЛ-3 с аналогичным по конструкции и производительности смесителем СГЛ-1 фирмы ООО «Агромаш» (г. Нижний Новгород). Стоимость нового технического оборудования и базовой машины определяли по ценам начала 2020 г. Расчет технико-экономической эффективности [8] представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета технико-экономической эффективности смесителя (в ценах 2020 г.)

Показатели	Обозначения	Ед. изм.	Значение показателей	
			Базовый вариант	Новый вариант
			СГЛ-1	СШЛ-3
1. Цена (оптовая)	$C_0$	тыс. руб.	257000	180000
2. Коэффициент перевода оптовой цены в балансовую, учитывающей поставку	$M$	-	1,2	1,2
3. Годовая нормативная загрузка	$T$	ч	2100	2100
4. Производительность за 1 ч сменного времени, за 1 ч эксплуатационного времени	$W$	т/ч	3,2	3,6
	$W_{\text{Э}}$	т/ч	3,1	3,53
5. Количество обслуживающего персонала	$L$	чел.	1	1
6. Часовая тарифная ставка (с начислениями)	$\tau$	руб./ч	180	180
7. Норма амортизационных отчислений	$a_n$	%	12,5	12,5
8. Норма отчислений на ремонт и ТО	$K_{p+kt}$	%	14,0	14,0
9. Установленная мощность	$N$	кВт	7,5	7,5
10. Стоимость электроэнергии	$C_{\text{Э}}$	руб./кВт·ч	7,80	7,80
11. Коэффициент готовности	$K_{\text{Э}}$	-	0,95	0,95
12. Зональная наработка новой машины	$B_z$	т	6510	7413
13. Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений	$E$		0,15	0,15

Экономическую эффективность сравнивали [8] по следующим показателям: капитальные вложения, затраты труда, прямые эксплуатационные затраты, приведенные затраты, себестоимость получаемой продукции [9], [9].

Таблица 2 – Данные для расчета годового экономического эффекта смесителя (в ценах 2020 г.)

Показатель	Формула расчета	Значение показателей	
		Базовый вариант	Новый вариант
		СГЛ-1	СШЛ-3
1. Балансовая цена, тыс. руб.	$B = C_0 \cdot M$	308400	216000
2. Затраты на заработную плату, руб./т	$З = \frac{\tau \cdot L}{W_{\text{см}}}$	56,25	50
3. Затраты на электроэнергию, руб./т	$\text{Э} = \frac{N \cdot C_{\text{Э}}}{W_{\text{Эк}}}$	18,87	16,57
4. Затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб./т	$P = \frac{B(K_p + K_t)}{W_{\text{Эк}} \cdot T}$	6,63	4,08
5. Амортизационные отчисления (на реновацию), руб./т	$A = \frac{B \cdot a}{W_{\text{Эк}} \cdot T}$	5,92	3,64
6. Капиталовложения, руб./т	$K = \frac{B}{W_{\text{Эк}} \cdot T}$	47,37	29,14
7. Прямые эксплуатационные затраты, руб./т	$\text{Ип} = З + А + P + \text{Э}$	87,6	75,29
8. Приведенные затраты, руб.	$\text{П} = \text{Ип} + K \cdot E$	94,7	79,66
9. Годовой экономический эффект, руб.	$\text{Э}_{\text{Г}} = B_z(\text{Пб} - \text{Пн})$	-	111491
10. Годовой эффект от использования новой машины, руб.	$\text{Э}_{\text{с}} = \frac{\text{Э}_{\text{Г}}}{a_n + E}$	-	405421,8

Результаты расчета сравниваемой экономической эффективности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели сравниваемой экономической эффективности смесителя (в ценах 2020 г.)

Показатели	Значение показателей технического средства		Степень снижения затрат, %
	базового	нового	
	СГЛ-1	СШЛ-3	
1. Прямые эксплуатационные затраты, руб./т	87,6	74,29	15,2
2. Капитальные вложения, руб./т	47,37	29,14	38,5
3. Приведенные затраты, руб./т	134,97	103,43	23,4
4. Годовой экономический эффект по приведенным затратам, тыс. руб.		111491	
5. Годовой эффект от использования новой машины, тыс. руб.		405421,8	

Результаты расчетов, представленных в таблице 3, позволяют сделать следующие выводы. Разработанный смеситель СШЛ-3 в сравнении с выпускаемым СГЛ-1 позволяет снизить капитальные вложения на 38,5 %, прямые эксплуатационные затраты на 15,2 %, приведенные затраты на 23,4 %.

Годовой экономический эффект по приведенным затратам от нового технического оборудования составил 111 491 руб. (в сравнении с машиной СГЛ-1). Годовой эффект от использования новой машины равен 405 421,8 руб.

Определим верхний предел совокупной цены, при которой новая машина обеспечивается равенством совокупных затрат денежных средств в сравнении с новым вариантом (аналогом):

$$C_{в.п.} = \left( \frac{\Theta_r}{a_n + E} + B_n \right) \frac{1}{M} \quad (1)$$

где  $M$  – коэффициент перевода оптовой цены в балансовую;  $B_n$  – балансовая цена нового оборудования, руб.;  $\Theta_r$  – годовой экономический эффект по приведенным затратам, руб.;  $a_n$  – коэффициент отчислений на реновацию;  $E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

В нашем случае верхний предел совокупной цены составил  $C_{в.п.} = 186\,594$  руб. Таким образом, максимальная стоимость разработанного смесителя должна составлять не более 186 594 руб. В этом случае он будет более конкурентноспособным, чем аналог.

*Расчёт энергетической эффективности смесителя.*

Для оценки эффективности нового смесителя обычно производится энергетический анализ, методика расчёта которого приведена в научных трудах [3], [4], [5]. Энергетический анализ дает возможность с помощью различных коэффициентов определить эффективность процесса смешивания.

Коэффициент энергетических затрат характеризует сравнительную оценку эффективности рабочего процесса разработанного смесителя:

$$K_{\varepsilon} = \frac{E_{с.н.}}{E_{с.б.}} \quad (2)$$

где  $E_{с.н.}$  – совокупные (полные) затраты технологического процесса, осуществляемого новой машиной, МДж/т;  $E_{с.б.}$  – базовый уровень совокупных затрат, МДж/т.

Исходные данные для расчета энергетической эффективности [6] горизонтального смесителя СШЛ-3 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета энергетической эффективности горизонтального смесителя СШЛ-3

Показатели	Обозначение	Числовые значения вариантов	
		СГЛ-1	СШЛ-3
Масса, кг	$M$	1000	960
Пропускная способность, т/ч	$Q$	3,2	3,6
Установленная мощность, кВт	$\sum^N$	7,5	7,5
Обслуживающий персонал, чел.	$n_{ч}$	1	1
Число дней работы в году	$n_{дн}$	360	360
Площадь, занимаемая машиной, м <sup>2</sup>	$F$	3,39	3,2

Полные энергетические затраты на технологический процесс, МДж/т, определяются по формуле

$$E_c = E_{\text{п}} + \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{об}} + E_{\text{пом}}}{W_{\text{см}}}, \quad (3)$$

где  $E_{\text{п}}$  – прямые затраты энергии, МДж/т;  $E_{\text{ж}}$  – энергетические затраты живого труда, МДж/ч;  $E_{\text{ж}}$  – энергоёмкость смесителя, МДж/ч;  $E_{\text{об}}$  – энергоёмкость производственного помещения, МДж/ч;  $W_{\text{см}}$  – сменная производительность машины, т/ч.

Прямые затраты (МДж/т) энергии определяются по формуле

$$E_{\text{п}} = N_{\text{э}} \cdot K_{\text{э}}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{э}}$  – удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т;  $K_{\text{э}}$  – коэффициент перевода 1 кВт·ч в 1 МДж, ( $K_{\text{э}} = 3,6$ ).

При отсутствии норм расхода удельный расход электроэнергии определяется по формуле

$$N_{\text{э}} = \frac{\sum NK_{\text{и}}}{W}, \quad (5)$$

где  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования активной мощности ( $K_{\text{и}} = 0,7 \dots 0,9$ );  $N$  – установленная мощность электродвигателей, кВт;  $W$  – производительность смесителя часовая, т/ч.

Коэффициент использования активной мощности для обоих смесителей принимаем равным 0,8.

Тогда удельный расход электроэнергии составит:

– для базового варианта

$$N_{\text{эб}} = \frac{7,5 \cdot 0,8}{3,2} = 1,87, \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{т}};$$

– для нового варианта

$$N_{\text{эн}} = \frac{7,5 \cdot 0,8}{3,6} = 1,66, \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{т}}.$$

Прямые затраты энергии:

– для базового варианта

$$E_{\text{пб}} = 1,87 \cdot 3,6 = 6,73 \text{ МДж/т};$$

– для нового варианта

$$E_{\text{пн}} = 1,66 \cdot 3,6 = 5,98 \text{ МДж/т}.$$

Энергозатраты живого труда (МДж/ч) определяются по формуле

$$E_{\text{ж}} = n_{\text{ч}} \cdot \alpha_{\text{ж}}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{ж}}$  – энергетический эквивалент затрат живого труда,  $\alpha_{\text{ж}} = 1,26$  МДж/чел·ч;  $L$  – число операторов, обслуживающих машину, чел.

Энергозатраты живого труда для базовых и нового вариантов одинаковы и равны

$$E_{\text{жб}} = 1 \cdot 1,26 = 1,26 \text{ МДж/ч}$$

$$E_{\text{жн}} = 1 \cdot 1,26 = 1,26 \text{ МДж/ч}.$$

Энергоёмкость, приходящаяся на 1 час работы оборудования, определяется по формуле

$$E_{\text{об}} = \frac{M \cdot \alpha_{\text{об}} \cdot (a_{\text{н}} + K_{\text{р}})}{100 \cdot T}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{об}}$  – энергетический эквивалент оборудования,  $\alpha_{\text{об}} = 104$  МДж/кг;  $T$  – нормативная годовая

загрузка машины,  $T = 2100$ ч;  $a_{\text{н}}$  – норма амортизированных отчислений,  $a_{\text{н}} = 12,5$  %;  $K_{\text{р}}$  – норма отчислений на ремонт и техническое обслуживание,  $K_{\text{р}} = 14$  %;  $M$  – масса машины, кг.

Энергоёмкость, приходящаяся на 1 час работы оборудования,

для базового варианта –

$$E_{\text{об.б}} = \frac{1000 \cdot 104 \cdot (12,5 + 14)}{100 \cdot 2100} = 13,1 \text{ МДж/ч};$$

для нового варианта (СШЛ-3) –

$$E_{\text{об.н}} = \frac{960 \cdot 104 \cdot (12,5 + 14)}{100 \cdot 2100} = 12,6 \text{ МДж/ч}.$$

Энергоёмкость производственных помещений определяется по формуле

$$E_{\text{пом}} = \frac{\alpha_{\text{пом}} \cdot F \cdot K_{\text{пом}}}{100 \cdot T}, \quad (8)$$

где  $\alpha_{\text{пом}}$  – энергетический эквивалент помещения,  $\alpha_{\text{пом}} = 5025$  МДж/м<sup>2</sup> – норма амортизационных отчислений на производственное помещение ( $K_{\text{пом}} = 10$  %);  $F$  – площадь, занимаемая машиной, м<sup>2</sup>.

Энергоёмкость производственных помещений

– для базового варианта:

$$E_{\text{пом.б}} = \frac{5025 \cdot 3,39 \cdot 10}{100 \cdot 2100} = 0,81 \text{ МДж/ч};$$

– для нового варианта:

$$E_{\text{пом.н}} = \frac{5025 \cdot 2,0 \cdot 10}{100 \cdot 2100} = 0,47 \text{ МДж/ч.}$$

Определяем полные энергетические затраты на технологический процесс:

– для базового варианта

$$E_{\text{с.б}} = 6,73 + \frac{1,26 + 13,1 + 0,81}{3,2} = 10,94 \text{ МДж/т;}$$

– для нового варианта

$$E_{\text{с.н.}} = 5,98 + \frac{1,26 + 12,6 + 0,47}{3,6} = 9,96 \text{ МДж/т.}$$

Сравнительную оценку энергетической эффективности технологического процесса проводим дифференцированно, по отдельным составляющим совокупных затрат [6]. Для этой цели воспользуемся коэффициентом энергетических затрат  $K_3$  и показателя уровня интенсификации  $I$ , которые определяются по следующим формулам.

Коэффициент полных энергозатрат

$$K_3 = \frac{E_{\text{с.н.}}}{E_{\text{с.б.}}} \quad (9)$$

Далее определяем коэффициенты энергетических затрат по формулам:

– коэффициент полных энергозатрат

$$K_{\text{эпол.}} = \frac{9,96}{10,94} = 0,91;$$

– коэффициент прямых энергозатрат

$$K_{\text{эпр.}} = \frac{5,98}{6,73} = 0,89;$$

– коэффициент энергоёмкости живого труда

$$K_{\text{эж}} = \frac{1,26}{1,26} = 1;$$

– коэффициент энергоёмкости, приходящейся на 1 час работы оборудования

$$K_{\text{эо}} = \frac{12,6}{13,1} = 0,96;$$

– коэффициент энергоёмкости производственных помещений

$$K_{\text{эпп}} = \frac{0,47}{0,81} = 0,58.$$

Уровень интенсификации определяется по формуле

$$I = (1 - K_3) \cdot 100 \quad (10)$$

Уровень интенсификации для СШЛ-3 в сравнении с СГЛ-1 согласно (10) составляет:

– для полных энергозатрат

$$I_{\text{пол.}} = (1 - 0,91) \cdot 100 = 9 \%;$$

– для прямых затрат энергии

$$I_{\text{пр.}} = (1 - 0,89) \cdot 100 = 11 \%;$$

– для энергоёмкости, приходящейся на 1 час работы оборудования,

$$I_{\text{о}} = (1 - 0,96) \cdot 100 = 4 \%;$$

– для энергоёмкости производственных помещений

$$I_{\text{пп}} = (1 - 0,58) \cdot 100 = 42 \%.$$

Полученные расчетные данные представим в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительная оценка энергоёмкости смесителей

Наименование энергозатрат	СГЛ-1	СШЛ-3	Коэффициент энергозатрат	Уровень интенсификации
Прямые затраты энергии, МДж/т	6,73	5,98	0,89	11
Энергозатраты живого труда, МДж/ч	1,26	1,26	–	–
Энергоёмкость, приходящаяся на 1 час работы оборудования, МДж/ч	13,1	12,6	0,96	4
Энергоёмкость производственных помещений, МДж/ч	0,81	0,47	0,58	42
Полные энергетические затраты на технологический процесс, МДж/т	10,94	9,96	0,91	9

Анализ результатов расчетов, представленных в таблице 5, показывает, что новый смеситель имеет преимущество перед аналогом. Уровень интенсификации по полным энергетическим затратам составил 9 %. Наибольшее снижение затрачиваемой энергии на единицу продукции – по производственным помещениям (42 %) и по прямым затратам энергии (11 %).

#### **Выводы.**

Разработанный смеситель СШЛ-3 в сравнении с выпускаемым СГЛ-1 позволяет снизить прямые эксплуатационные затраты на 15,2 %, капитальные вложения на 38,5 %, приведенные затраты на 23,4 %. Годовой экономический эффект от применения технического средства в сравнении с машиной СГЛ-1 по приведенным затратам составил 111 491 руб. Годовой эффект от использования новой машины за срок службы равен 405 421,8 руб.

Уровень интенсификации по полным энергетическим затратам составил 9 %. Наибольшее снижение затрачиваемой энергии на единицу продукции – по производственным помещениям (42 %) и по прямым затратам энергии (11 %).

#### **Литература**

1. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Москва: издательство стандартов, 2008. – 12 с.
2. Драгайцев, В. И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве / В. И. Драгайцев, Н. М. Морозов. – Москва: Россельхозакадемия, 2010. – 148 с.
3. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, 1995. – 95 с.
4. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. – Москва: ВИМ, 1995. – 175 с.
5. Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока Европейской части Российской Федерации / Ф. Ф. Мухамадьяров, В. А. Фигурин, В. П. Ашихмин [и др.]. – Киров: НИИСХ СВ, 1997. – 62 с.
6. Нечаев, В. Н. Снижение ситуационных издержек как инструмент ресурсосбережения в агропромышленном комплексе / В. Н. Нечаев, М. Л. Нечаева // Сейфуллинские чтения-12: молодежь в науке – инновационный потенциал будущего: материалы республиканской научно-теоретической конференции. В 2 томах. Том 1. Часть 2. – Астана: Деловой мир, 2016. — С. 155-159.
7. Патент № 2638978 Российская Федерация, МПК В01F 7/08. Смеситель: № 2016105025: заявл. 15. 02. 2016: опубл. 19.12.2017 / П. А. Савиных, А. В. Алешкин, В. А. Казаков [и др.]. – 8 с.
8. Тупицын, В. Е. Обоснование параметров и режимов работы мобильного измельчителя-раздатчика грубых кормов с ножевым барабаном: автореферат диссертации на соискание степени кандидата технических наук / В. Е. Тупицын. – Киров, 2007. – 22 с.
9. Biztolk: предпринимательство, бизнес идеи с нуля, франшизы и как заработать миллион: [сайт]. – Москва, 2020. – URL: <https://biztolk.ru> (дата обращения: 05.02.2021). – Текст: электронный.
10. Improving efficiency of horizontal ribbon mixer by optimizing its constructional and operational parameters / A. Marczuk, W. Misztal, P. Savinyh [et al.]. – Eksploatacja niezawodnosc – maintenance and reliability. – 2019. – № 21 (2). – P. 220–225.

#### **Сведения об авторах**

1. **Савиных Петр Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории механизации животноводства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 610007, Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, д. 166 а; e-mail: niish-sv@mail.ru, тел. 8-(8223)-33-10-03;
2. **Герасимова Светлана Петровна**, младший научный сотрудник лаборатории механизации животноводства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 610007, Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, д. 166 а; e-mail: niish-sv@mail.ru, тел. 8-(8223)-33-10-03;
3. **Зырянов Дмитрий Алексеевич**, младший научный сотрудник лаборатории механизации полеводства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 610007, Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, д. 166 а; e-mail: niish-sv@mail.ru, тел. 8-(8223)-33-10-03;
4. **Чернятов Александр Николаевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механизации животноводства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 610007, Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, д. 166 а; e-mail: niish-sv@mail.ru, тел. 8-(8223)-33-10-03;
5. **Турбанов Николай Валентинович**, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории механизации животноводства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 610007, Кировская область, г. Киров, ул. Ленина, д. 166 а; e-mail: nikolaytu@mail.ru, тел. 8-(953)-697-90-64.



## TECHNICAL-ECONOMIC AND ENERGY EVALUATION OF HORIZONTAL BELT MIXER FOR BULK FEEDS

**P. A. Savinykh, N. V. Turubanov, N. A. Chernjat'ev, S. P. Gerasimova, D. A. Zyrjanov**  
*Federal Agrarian Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitsky*  
 610007, Kirov, Russian Federation

**Brief abstract.** The developed mixer designs should not only ensure high-quality mixing of materials, but also be efficient from an economic point of view. Techno-economic and energy assessments are usually used as indicators of the efficiency of mixers. Many mixers produced today by various manufacturers have high energy and metal consumption, which significantly reduces the efficiency of using such machines. Thus, the development of a mixer that makes it possible to obtain feed mixtures with a high homogeneity coefficient and to reduce economic and energy costs is an urgent task today. In the Federal State Budgetary Scientific Institution FASC of the North-East (Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky"), a horizontal ribbon mixer SShL-3 has been developed and manufactured. It allows you to obtain multicomponent mixtures intended for feeding various groups of animals and birds, meeting the quality of zootechnical requirements. A commercially available mixer SGL-1 manufactured by LLC Agromash (Nizhny Novgorod) was chosen as a comparable analogue. The mixers have the same power of the installed motors, comparable throughput and mixing quality of the finished product. The calculations made allow us to conclude that the developed mixer SShL-3, in comparison with the manufactured SGL-1, allows to reduce capital investments by 38.5%, direct operating costs - by 15.2%, reduced costs - by 23.4 %. The use of the new technical means makes it possible to obtain an annual economic effect of 111,491 rubles. (in comparison with the machine (SGL-1). The level of intensification in terms of total energy costs is 9%. The largest decrease in energy consumption per unit of production was recorded in production facilities (42%) and in direct energy costs (11%).

**Key words:** mixer, mixing, compound feed, economic efficiency, energy assessment, level of intensification, energy consumption.

### References

1. GOST R 53056-2008. Tekhnika sel'skohozyajstvennaya. Metody ekonomicheskoy ocenki. – Moskva: izdatel'stvo standartov, 2008. – 12 s.
2. Dragajcev, V. I. Metodika ekonomicheskoy ocenki tekhnologij i mashin v sel'skom hozyajstve / V. I. Dragajcev, N. M. Morozov. – Moskva: Rossel'hozcademiya, 2010. – 148 s.
3. Metodika energeticheskogo analiza tekhnologicheskikh processov v sel'skohozyajstvennom proizvodstve. – M.: VIM, 1995. – 95 s.
4. Metodicheskoe posobie po agroenergeticheskoy i ekonomicheskoy ocnke tekhnologij i sistem kormoproizvodstva. – Moskva: VIM, 1995. – 175 s.
5. Metodicheskoe posobie po opredeleniyu energozatrat pri proizvodstve prodovol'stvennykh resursov i kormov dlya uslovij Severo-Vostoka Evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii / F. F. Muhamad'yarov, V. A. Figurin, V. P. Ashihmin [i dr.]. – Kirov: NIISKH SV, 1997. – 62 s.
6. Nechaev, V. N. Snizhenie situacionnykh izderzhek kak instrument resursosberezheniya v agropromyshlennom komplekse / V. N. Nechaev, M. L. Nechaeva // Sejfullinskie chteniya-12: molodezh' v nauke – innovacionnyj potencial budushchego: materialy respublikanskoj nauchno-teoreticheskoy konferencii. V 2 tomah. Tom 1. CHast'. 2. – Astana: Delovoj mir, 2016. — S. 155-159.
7. Patent № 2638978 Rossijskaya Federaciya, MPK B01F 7/08. Smesitel': № 2016105025: zayavl. 15. 02. 2016: opubl. 19.12.2017 / P. A. Savinyh, A. V. Aleshkin, V. A. Kazakov [i dr.]. – 8 s.
8. Tupicyn, V. E. Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty mobil'nogo izmel'chitelya-razdatchika grubyyh kormov s nozhevym barabanom: avtoreferat dissertacii na soiskanie stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / V. E. Tupicyn. – Kirov, 2007. – 22 s.
9. Biztolk: predprinimatel'stvo, biznes idei s nulya, franchizy i kak zarabotat' million: [sajt]. – Moskva, 2020. – URL: <https://biztolk.ru> (data obrashcheniya: 05.02.2021). – Tekst: elektronnyj.
10. Improving efficiency of horizontal ribbon mixer by optimizing its constructional and operational parameters / A. Marczuk, W. Misztal, P. Savinyh [et al.]. – Eksploatacja i niezawodnosc – maintenance and reliability. – 2019. – № 21 (2). – P. 220–225.

### Information about authors

1. **Savinyh Petr Alekseevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Animal Husbandry Mechanization of the Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East, 610007, Kirov region, Kirov, st. Lenin, d. 166 a; e-mail: niish-sv@mail.ru, tel. 8- (8223) -33-10-03;



2. **Gerasimova Svetlana Petrovna**, Junior Researcher, Laboratory of Animal Husbandry Mechanization, Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East, 610007, Kirov region, Kirov, st. Lenin, d. 166 a; e-mail: niish-sv@mail.ru, tel. 8- (8223) -33-10-03;

3. **Zyrjanov Dmitry Alekseevich**, Junior Researcher of the Laboratory of Mechanization of Field Cultivation of the Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East, 610007, Kirov region, Kirov, st. Lenin, d. 166 a; e-mail: niish-sv@mail.ru, tel. 8- (8223) -33-10-03;

4. **Chernjat'ev Alexander Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Animal Husbandry Mechanization, Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East, 610007, Kirov region, Kirov, st. Lenin, d. 166 a; e-mail: niish-sv@mail.ru, tel. 8- (8223) -33-10-03;

5. **Turubanov Nikolay Valentinovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Laboratory of Animal Husbandry Mechanization of the Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East, 610007, Kirov region, Kirov, st. Lenin, d. 166 a; e-mail: nikolaytu@mail.ru, tel. 8- (953) -697-90-64.

УДК 629.3.027.525

## ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА РЕМОНТА КАМЕР СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

**П. А. Смирнов, М. П. Смирнов, В. П. Егоров**

*Чувашский государственный аграрный университет  
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

**Аннотация.** При обслуживании современной сельскохозяйственной и автомобильной техники используют пневматические шины. Соответственно, основной проблемой является ремонт этих шин и камер, особенно в условиях ограниченной доступности центров, занимающихся снабжением запасных частей и ремонтом. Надежность пневматических шин непосредственно влияет на безопасность движения автомобильного транспорта и, соответственно, на качество работы сельскохозяйственной техники. В статье предложен надежный способ ремонта камер сельскохозяйственных машин при повреждении резьбы или обломе корпуса золотника. Известные способы восстановления указанных отказов не обеспечивают достаточной герметичности узла, камеру приходится постоянно подкачивать. Новый способ предполагает использование перпендикулярного обрезания корпуса золотника, нарезание в нем внутренней резьбы М5 вместо штатной резьбы V5, а также наружной резьбы М8 вместо V8. Изготавливается винт М5×10...12 мм для завинчивания его заподлицо с обрезом в корпус золотника. Также вытачивается колпачок-гайка М8×10 для завинчивания на корпус золотника. Перед накачиванием камеры резьба обмазывается твердым мылом, которое используется в качестве уплотнителя, после накачивания одновременно завинчиваются винт М5 и колпачок-гайка на М8, заполненный мылом. Таким образом, образуется двухступенчатое запирающее устройство в камере с формированием противодействия между колпачком-гайкой и винтом с помощью мыла. Объектом испытания являлись сельскохозяйственные шины И-83 (8,25×15 и 9,5×32). Исследования доказали надежность разработанного способа. Из-за отмеченных очагов коррозии было решено использовать материалы из латуни и нержавеющей стали.

**Ключевые слова:** золотник, корпус золотника, ремонт корпуса золотника, ремонт камеры, ступенчатое уплотнение, уплотнение мылом.

**Введение.** На всей современной мобильной сельскохозяйственной технике используются пневматические шины. В процессе продолжительной практической эксплуатации сельскохозяйственных шин стало очевидно, что оптимальным соотношением при формировании потребности в шинах и камерах к ним является значение 1:1,5. Перед весенне-полевыми или уборочными работами инженерная служба всегда создает текущий запас камер наиболее нагруженных (физически и по продолжительности работы) шин сельскохозяйственных машин.

Существуют разнообразные виды камер (шин), которые используются при эксплуатации сельскохозяйственных машин: камеры с корпусами золотников двух видов по ГОСТу [2], [4], [5]: длинные – V5-33, короткие – V5-20 (рисунок 1). Последняя цифра в маркировке обозначает длину золотника в мм. Соответственно, отличаются и корпуса вентиля (рисунок 2). Резьба золотника V5 – дюймовая, с шагом 0,705 мм, или 36 ниток на 1", резьба колпачка V8, соответственно, – 0,794 мм, или 32 нитки. Имеются также различные шины зарубежных производителей с оригинальными вариантами исполнения корпусов и золотников. Например, камеры типоразмера 9,5×32 (опорно-приводные колеса сеялок семейства СЗ-3,6), завезенные из Республики Корея, и широкий спектр шин и камер из КНР. Отличаются импортные камеры меньшей в 1,5...1,8 раза толщиной стенки, но, тем не менее, их стоимость выше отечественных образцов в 3...3,5 раза. Эти камеры пользуются меньшей популярностью у механизаторов, поскольку при перетирании кордовой нити с внутренней стороны шины или попадании посторонних предметов между камерой и шиной происходит быстрое перетирание стенок камеры.