

### *Региональная и отраслевая экономика*

УДК 636.084.087

DOI: 10.17277/voprosy.2022.04.pp.045-056

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ КОРНЕПЛОДОВ К СКАРМЛИВАНИЮ КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ**

**А. В. Брусенков, Н. П. Пучков**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный  
технический университет», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** измельчение; комплект машин; кормление крупного рогатого скота; переработка кормов; резание; скармливание корнеплодов; способы переработки корнеплодов; технологическая линия; экономическая эффективность.

**Аннотация:** Исследована возможность модернизации промышленного оборудования по переработке клубнекормов в условиях агропромышленных комплексов регионального значения. Проведен анализ технологий и технических средств для подготовки корнеплодов к скармливанию. Показано, что существующие машины обладают высокой энергоемкостью процесса, несмотря на то что качество готового корма не в должной мере соответствует тем условиям, которые изложены в зоотехнических требованиях. Предложена конструктивно-технологическая схема технологической линии, изготовленной и испытанной в производственных условиях регионального АПК. Показана ее высокая эффективность, по сравнению с промышленным оборудованием кормоцеха КОРК-15А, за счет уменьшения металлоемкости, удельных затрат труда и энергии.

### **Введение**

Добиться надежного снабжения населения продовольствием, а промышленности сырьем – одна из важнейших задач, стоящих перед сельским хозяйством нашей страны. Несмотря на то что эти задачи успешно

---

Брусенков Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия», e-mail: aleksei\_brusenkov@mail.ru; Пучков Николай Петрович – кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор кафедры «Высшая математика», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

разрешаются, вопросы более полного удовлетворения растущих потребностей населения постоянно находятся в центре внимания государства. В области животноводства – это, в частности, значительное увеличение производства мяса, молока, а также улучшение их качества. Расчеты показывают, что для удовлетворения потребности страны в продуктах животного происхождения к концу 2030 г. необходимо будет производить 57,7 млн т молока, а потребность в мясе к 2050 г. возрастет до 850...900 тыс. т [1, 2]. Этих показателей можно достигнуть за счет роста поголовья животных и птицы, повышения их продуктивности, где наиболее важную роль играет процесс кормления, наиболее приемлемый для полного переваривания пищи. Это возможно осуществлять за счет широкого применения высокоэффективных машин и оборудования, совершенствования технологий содержания животных и их кормления, улучшения организации выполнения работ [3 – 7].

На животноводческих фермах существенное влияние на эффективность использования корнеплодов в рационах крупного рогатого скота и их продуктивность оказывают способы подготовки сочных кормов к скармливанию. Сущность подготовки корнеплодов к скармливанию, в соответствии с зоотехническими требованиями, состоит в том, что такие операции, как мойка и измельчение, повышают усвояемость корнеплодов животными, увеличивают вкусовые качества продуктов, сокращают затраты энергии животных на жевание, обеспечивает выделение клеточного сока корма, и, следовательно, необходимую влажность для протекания микробиологических процессов [7 – 9].

Используемое в настоящее время оборудование для подготовки корнеплодов к скармливанию отличается высоким уровнем механизации производственных процессов, высокой производительностью, но при этом имеет следующий недостаток – высокую энергоемкость процесса получения готового корма, не отвечающую зоотехническим требованиям по качеству мойки и измельчения. Кроме того, технологические схемы подготовки корнеплодов могут меняться в зависимости от типа животноводческих ферм, конкретных особенностей каждого хозяйства и экономической целесообразности применения того или иного способа кормления, что не всегда легко реализуется на практике.

По данным ФГБНУ «Федеральный научный агоринженерный центр ВИМ» (г. Москва) и других научно-исследовательских учреждений в структуре потребления совокупной энергии в молочном скотоводстве 72 % составляют энергозатраты на корма, что связано с применением устаревших технологий, нерационального использования ресурсов кормов, электрической энергии и топлива, а также снижения уровня механизации технологических процессов. Решение данных вопросов позволит сельскохозяйственным производителям организовать полноценное кормление животных, максимально реализовать их генетический потенциал, получить максимальное количество дешевой говядины и молока, а также повысить качество производимой продукции [10 – 12]. Поэтому, для более результативного использования корнеплодов в рационах животных, необ-

ходимо решать вопросы, связанные с совершенствованием технологий и технических средств при подготовке их к скармливанию, изысканием современных ресурсов по снижению энерго- и трудозатрат, что позволит обеспечить реальное удешевление продукции и рост эффективности производства.

### **Сравнительный экономический анализ предлагаемого комплекта машин**

Расчет экономической эффективности применения всего предлагаемого комплекта машин для подготовки корнеплодов к скармливанию проводился в сравнении с серийно выпускаемым промышленностью для животноводческих ферм и комплексов КОРК-15А, который включает в себя лотковый накопитель-питатель, мойку-измельчитель ИКМ-Ф-10 и шнековый дозатор ДС-15.

Основные резервы повышения производительности – усовершенствование питателя-дозатора и измельчителя, реализованы на протяжении последних трех лет. Прогресс достигнут за счет модернизации наименее эффективных узлов и механизмов питателя-дозатора и измельчителя, входящих в технологическую линию КОРК-15А, более производительными, с легко окупаемыми финансовыми затратами на их доработку [6, 7].

Сопоставление результатов оценки эффективности различных машин для приготовления корнеплодов проводилось по методикам, представленным в работах [13, 14]. Как исходные взяты статистические данные, полученные на производственной базе в ООО «АГРОИНВЕСТ» (Инжавинский район, Тамбовская обл.), где кормление осуществлялось кормами собственного производства. Масштабы производства в этом объединении характеризуются рядом показателей. Годовая масса перерабатываемых корнеплодов (корни сахарной свеклы) для всего поголовья молочных коров составила 1008 т. Общая численность молочного скота – 600 голов. Живая масса животных (молочных коров) на первоначальном этапе – 415...425 кг, а надой от одной коровы – 4000...4100 кг. Рацион молочных коров следующий (кг/сутки на одну голову): сено – 5, солома – 5, концентраты – 2, кукурузный силос – 15, измельченные корни сахарной свеклы – 8, соль поваренная – 40 г, что позволяет считать эксперимент достаточно массовым и объемным.

Цель работы – показать один из возможных вариантов модернизации оборудования для подготовки корнеплодов к скармливанию животным, обладающий достаточной (значимой) экономической эффективностью.

Показатели для сравнения работы питателя-дозатора и мойки-измельчителя – производительность, установленная мощность электродвигателей, масса машин, затраты труда, удельная энергоемкость и удельная металлоемкость. В оценке базовой модели показателями являются оптимальные паспортные данные, а для предлагаемой конструкции – различные режимы работы спроектированных машин, на основании которых и проводилась статистическая оценка эффективности. Результаты сравне-

ний предлагаемого питателя-дозатора с лотковым накопителем-питателем по технико-экономическим показателям представлены в табл. 1.

Как показывают данные, улучшение параметров предлагаемого питателя-дозатора достигнуто за счет снижения показателя удельной энергоемкости, который в 2,43 раза меньше аналогичного показателя лоткового накопителя-питателя. Предлагаемая машина также обладает меньшей металлоемкостью (в 11,25 раза), что свидетельствует о достаточно хорошей проработке конструктивной схемы. Вышеизложенное позволяет рекомендовать предлагаемый питатель-дозатор к использованию в технологических линиях для подготовки корнеплодов к скармливанию крупному рогатому скоту.

Результаты сравнений предлагаемого одноступенчатого вертикального измельчающего аппарата с аналогом, используемым в ИКМ-Ф-10, свидетельствуют о большей его эффективности (табл. 2).

Таким образом, по технико-экономическим показателям предлагаемые машины для приготовления корнеплодов имеют большое преимущество по сравнению с выпускаемыми промышленностью машинами аналогичного назначения. Это дает основание говорить о повышении эффективности работы комплекта оборудования для приготовления корнеплодов в целом [12, 15].

При оценке эффективности использования нового оборудования критерии сравнения базировались на следующих данных.

Производительность комплекта машин

$$Q_{к.м} = Q_{п.-д} + Q_{к}, \quad (1)$$

где  $Q_{п.-д}$ ,  $Q_{к}$  – общая производительность соответственно питателя-дозатора и корнеклубнемойки, т/ч.

Установленная мощность комплекта машин

$$N_{уст} = N_{п.-д} + N_{к}, \quad (2)$$

где  $N_{п.-д}$ ,  $N_{к}$  – общая мощность, необходимая для привода рабочих органов соответственно питателя-дозатора и корнеклубнемойки, кВт.

Таблица 1

### Технико-экономические показатели питателей

Показатель	Питатель-дозатор	
	лотковый накопитель-питатель	предлагаемый питатель-дозатор
Производительность, т/час	2,6...12,0	14,0...14,5
Установленная мощность, кВт	9,5	4,7
Масса машины, кг	4310	450
Затраты труда, чел.-ч/т	0,083	0,068
Удельная энергоемкость, кВт·ч/т	0,792	0,325
Удельная металлоемкость, кг·ч/т	360	32

Таблица 2

**Технико-экономические показатели измельчителей корнеплодов**

Показатель	Измельчитель	
	ИКМ-Ф-10	предлагаемый вариант
Производительность на измельчении свеклы, т/ч	8,4...9,7	9,0...9,5
Установленная мощность, кВт, в том числе на привод:	10,7	7,7
измельчающего аппарата	7,7	4,7
моечного шнека	2,2	2,2
транспортера для выгрузки почвенных примесей	0,8	0,8
Масса машины, кг	940	930
Затраты труда, чел.-ч/т	0,1	0,1
Удельная энергоёмкость, кВт·ч/т	1,05	0,81
Остаточная загрязненность, %	0,4	0,2...0,25
Удельная металлоёмкость, кг·ч/т	98	98

Примечание. Данные по измельчителям приводятся в комплекте с мойкой.

Удельная энергоёмкость процесса транспортирования корнеплодов питателем-дозатором

$$\mathcal{E}_{\text{п-д}}^{\text{уд}} = \frac{N_{\text{п-д}}}{Q_{\text{п-д}}(2L')}, \quad (3)$$

где  $L'$  – общая длина транспортирования корнеплодов питателем-дозатором, м.

Удельная энергоёмкость мойки-измельчителя

$$\mathcal{E}_{\text{изм}}^{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{к}}^{\text{уд}} + \mathcal{E}_{\text{изм}}, \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{к}}^{\text{уд}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{изм}}$  – удельные энергоёмкости соответственно корнеклубне-мойки и измельчителя, кВт·ч/т.

Удельная металлоёмкость машины (технологической линии)

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = \frac{N_{\text{уст}}}{Q_{\text{к.м}}}. \quad (5)$$

Годовая нормативная загрузка  $T$ , ч:

$$T = \frac{Q_{\Gamma}}{W_{\text{к}}}, \quad (6)$$

где  $Q_{\Gamma}$  – годовой объем продукции, т;  $W_{\text{к}}$  – производительность комплекта оборудования, т/ч.

Затраты труда на годовой объем работы

$$Z_{\text{тр}}^{\Gamma} = Tn, \quad (7)$$

где  $n$  – численность обслуживающего персонала, человек.

Затраты труда на единицу продукции

$$Z_{\text{тр}} = \frac{Z_{\text{тр}}^{\Gamma}}{Q_{\Gamma}}, \quad (8)$$

Прямые затраты  $Z_{\text{пр}}$  на выполнение годового объема работ

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{эл}} + Z_{\text{з.п}} + O_{\text{ам}} + Z_{\text{т.о}}, \quad (9)$$

где  $C_{\text{эл}}$  – стоимость израсходованной электроэнергии, р.;  $Z_{\text{з.п}}$  – заработная плата обслуживающего персонала, р.;  $O_{\text{ам}}$  – амортизационные отчисления, р.;  $Z_{\text{т.о}}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт машин, р.

Стоимость израсходованной электроэнергии определим по формуле

$$C_{\text{эл}} = Q_{\Gamma} \mathcal{E}_{\text{уд}} \Pi_{\text{эл}}, \quad (10)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{уд}}$  – расход электроэнергии на 1 тонну приготовления корнеплодов, кВт·час;  $\Pi_{\text{эл}}$  – стоимость 1 кВт·ч/р. электроэнергии для сельскохозяйственных предприятий Тамбовской области.

Зарботная плата  $Z_{\text{з.п}}$  обслуживающего персонала

$$Z_{\text{з.п}} = Z_{\text{тр}}^{\Gamma} C_{\text{т.ч}}, \quad (11)$$

где  $C_{\text{т.ч}}$  – часовая ставка оператора, р.

Сумма амортизации машин  $A_{\text{отч}}$  зависит от количества, состава, стоимости и годовых норм амортизации  $H_{\text{ам}}^{\Gamma}$

$$A_{\text{отч}} = C_{\text{к}} H_{\text{ам}}^{\Gamma}, \quad (12)$$

где  $C_{\text{к}}$  – стоимость комплекта машин, р.

Затраты на ремонт могут изменяться в зависимости от объема ремонтных работ, их сложности, степени изношенности машин, стоимости запасных частей, ремонтных материалов и их экономного использования

$$Z_{\text{т.о}} = C_{\text{к}} H_{\text{т.о}}, \quad (13)$$

где  $H_{\text{т.о}}$  – норматив годовых затрат на ремонт и техническое обслуживание машин.

Годовой экономический эффект от подготовки корнеплодов к скармливанию определяется по выражению

$$\Xi_{\text{эж}}^{\Gamma} = bN^{\Gamma}, \quad (14)$$

где  $b$  – технологический эффект, получаемый за один час работы технологической линии подготовки корнеплодов, р./ч;  $N^{\Gamma}$  – годовая наработка технологической линии подготовки корнеплодов, чел./г.

Технологический эффект  $b$  может быть определен стоимостью дополнительно получаемой животноводческой продукции (молока, мяса) в результате скармливания подготовленных кормов и рассчитан исходя из дополнительного корма, полученного в результате повышения питательности перерабатываемых кормов, норматива затраты кормов на единицу животноводческой продукции в зависимости от уровня продуктивности животных и закупочной цены единицы животноводческой продукции с учетом ее качества (сортности) и зоны производства:

$$b = \frac{K}{v_i}(kL - G), \quad (15)$$

где  $K$  – дополнительный корм, получаемый за час работы технологической линии за счет повышения питательности перерабатываемого корма;  $v_i$  – норматив затрат кормов на единицу животноводческой продукции для  $i$ -го уровня продуктивности животных, к.е./ч;  $k$  – коэффициент, учитывающий особые требования к качеству животноводческой продукции;  $L$  – средневзвешанная закупочная цена единицы животноводческой продукции с учетом ее сортности и в зависимости от зоны производства, р./ц;  $G$  – затраты на доение и переработку единицы молока, р./ц.

Дополнительный корм  $K$  определяется по выражению

$$K = K_c + \sum_1^u K_i + K_N, \quad (16)$$

где  $K_c$ ,  $K_i$  – дополнительные корма, полученные за один час работы технологической линии соответственно при переработке малоценных кормов и  $i$ -го компонента кормосмеси, к.е./ч;  $K_N$  – дополнительный условный корм, получаемый от введения в кормосмесь азотосодержащей минеральной добавки за один час работы технологической линии, к.е./ч.

Коэффициент  $k$ , учитывающий особые требования к качеству животноводческой продукции:

$$k = \frac{Ж_{\phi}}{Ж_{б}}, \quad (17)$$

где  $Ж_{\phi}$ ,  $Ж_{б}$  – средняя жирность молока соответственно фактическая и базисная, %.

Средняя фактическая жирность молока определяется по предыдущему году. Базисная жирность и закупочная цена дифференцированно установлены в зависимости от зоны производства молока.

Средневзвешанная закупочная цена молока  $L$  определяется по формуле

$$L = X_1O_1 + X_2O_2 + X_nO_n, \quad (18)$$

где  $X_1, X_2$  и  $X_n$  – доля молока в объеме продукции по предыдущему году, полученной соответственно 1 сортом, 2-м и несортным;  $O_1, O_2$  и  $O_n$  – закупочная цена на молоко соответственно 1 сорта, 2-го и несортного, в зависимости от зоны производства, р./ц.

Затраты на доение и переработку молока  $G$  обычно составляют 10 – 15 % от себестоимости одного центнера молока.

Показатели технико-экономической эффективности предлагаемого комплекта машин для подготовки корнеплодов к скармливанию крупному рогатому скоту, в сравнении с КОРК-15А, приведены в табл. 3.

Повышение производительности оборудования позволяет более оперативно перерабатывать корма, не давая им «залеживаться» и, таким образом, скармливание животным кормосмеси с введением в нее свежих корнеплодов позволяет в осенний период (с начала сентября по конец октября) увеличить производство продукции животноводства.

Изменение показателей молочных коров (в среднем на одну голову) составило:

Количество животных, голов .....	600
Живая масса животного, кг:	
в начале опыта.....	415... 425
в конце опыта .....	440... 453
Прирост за 60 дней, кг.....	25... 28
Молочная продуктивность, кг:	
в начале опыта.....	4000... 4100
в конце опыта .....	4170... 4200
Прирост за 60 дней, кг.....	70... 100

Таблица 3

### Технико-экономические показатели комплектов машин для приготовления корнеплодов

Показатель	Комплекты машин для подготовки корнеплодов к скармливанию	
	КОРК-15А	предлагаемый
Производительность комплекта машин, т/ч	8,4...9,7	9,0...9,5
Установленная мощность комплекта машин, кВт	21,0	12,4
Масса комплекта машин, кг	5565	1390
Затраты труда, чел.-ч/т	0,083	0,068
Удельная энергоемкость, кВт·ч/т	1,74...1,75	0,85...0,86
Удельная металлоемкость, кг·ч/т	463,75	95,86
Прямые затраты на выполнение годового объема работ, р.	544 240,9	333 284,0
Годовой экономический эффект, р.	–	210 956,9

Следовательно, введение в рацион корнеплодов положительно повлияло на физиологическое состояние животных, способствовало лучшему усвоению питательных веществ рациона и в результате привело к повышению как массы животных на 6,02...6,58%, так и молочной продуктивности на 1,75...2,44%.

### Заключение

Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства в России наглядно показывает необходимость нормативного оснащения производственных комплексов специальной техникой в зависимости от условий их функционирования. На первые роли выходят задачи повышения экономической эффективности за счет снижения затрат на производство и эксплуатацию машин и механизмов производственной базы. Экономическая эффективность производства мясной и молочной продукции во многом определяется качеством кормления животных, в частности качеством приготовления кормов. Как показали исследования, применяемое оборудование для приготовления корнеплодов достаточно громоздко, материалоемко при изготовлении и энергоемко при эксплуатации. Выполненные изобретения накопителя-питателя корнеклубнеплодов и технологической линии для их приема и обработки позволили изготовить оборудование, эксплуатация которого обеспечивает выполнение требований качества корнеплодов (влажность, загрязненность) при оптимальной пропускной способности 9,0...9,5 т/ч и энергоемкости процесса 0,85...0,86 кВт·ч/т, что значительно превосходит показатели эксплуатации наиболее часто используемого комплекта оборудования кормоцеха КОРК-15А. Кроме того, намеченный план модернизации оборудования для подготовки корнеплодов к скармливанию крупному рогатому скоту имеет реальные перспективы расширенного производства в условиях различного (по объему производства) рода агропромышленных комплексов региональной экономики.

#### *Список литературы*

1. Хусаинов, И. И. Перспективные технологии производства молока / И. И. Хусаинов, И. Ю. Морозов // Вестн. Всероссийского науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2015. – № 1 (17). – С. 96 – 101.
2. Иванов, Ю. А. Результаты исследований НИУ ФАНО России по созданию инновационной техники и ресурсосберегающих технологий производства продукции животноводства / Ю. А. Иванов // Вестн. Всероссийского науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2016. – № 2 (22). – С. 4 – 13.
3. Морозов, Н. М. Создание прочной кормовой базы и технических средств нового поколения – залог успешного развития животноводства / Н. М. Морозов, В. К. Скоркин, А. В. Скоркин // Вестн. Всероссийского науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2016. – № 4 (24). – С. 4 – 9.
4. Брусенков, А. В. Технологии и средства приготовления корнеклубнеплодов для скармливания крупному рогатому скоту : монография / А. В. Брусенков, В. П. Капустин. – Тамбов : Изд. центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – 140 с.

5. Гордеев, В. В. Тенденции развития технологий и технических средств производства молока / В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов, А. К. Мороз // Вестн. Всероссийского науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2013. – № 3 (11). – С. 21 – 26.
6. Пат. 2767617 Российская Федерация, МПК А23N 17/00, А01К 5/02. Технологическая линия для приема и обработки корнеклубнеплодов / А. В. Брусенков, Н. П. Пучков ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ТГТУ». – № 2021119970 ; заяв. 07.07.2021 ; опубл. 18.03.2022, Бюл. № 8. – 9 с.
7. Пат. 2767618 Российская Федерация, МПК А01К 5/00, А23N 17/00. Накопитель-питатель корнеклубнеплодов / А. В. Брусенков, Н. П. Пучков ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ТГТУ». – № 2021119983 ; заявл. 07.07.2021 ; опубл. 18.03.2022, Бюл. № 8. – 8 с.
8. Брусенков, А. В. Анализ технологической линии доставки и приготовления корнеклубнеплодов / А. В. Брусенков, В. П. Капустин // Наука в центральной России. – 2019. – № 4 (40). – С. 49 – 55. doi: 10.35887/2305-2538-2019-4-49-55
9. Брусенков, А. В. Повышение эффективности приготовления корнеклубнеплодов / А. В. Брусенков, И. Е. Ильина // Наука в центральной России. – 2019. – № 2 (38). – С. 91 – 97.
10. Пучков, Н. П. К вопросу оптимизации производственных затрат при измельчении корнеклубнеплодов / Н. П. Пучков, А. В. Брусенков // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сб. тр. конф. – Минск, 2019. – С. 104 – 108.
11. Косолапов, В. М. Эффективность применения современных технических средств подготовки и раздачи кормов на предприятиях по производству молока / В. М. Косолапов, А. В. Шевцов, А. Д. Милев // Вестн. Всероссийского науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. – 2016. – № 2 (22). – С. 121 – 125.
12. Брусенков, А. В. Техничко-экономическая оценка эффективности приготовления корнеклубнеплодов крупному рогатому скоту / А. В. Брусенков, В. П. Капустин // Вопр. соврем. науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 4 (74). – С. 56 – 63. doi: 10.17277/voprosy.2019.04.pp.056-063
13. Попович, И. В. Методика экономических исследований в сельском хозяйстве : учеб. пособие / И. В. Попович. – 4-е изд., перераб. – М. : Экономика, 1982. – 216 с.
14. Практикум по кормлению сельскохозяйственных животных / Л. В. Топова, А. В. Архипов, Н. Г. Макарец [и др.]. – М. : КолосС, 2005. – 358 с.
15. Морозов, Н. М. Экономическая эффективность комплексной механизации животноводства / Н. М. Морозов. – М. : Центр. науч. сельскохозяйственная библиотека, 1986. – 224 с.

### References

1. Khusainov I.I., Morozov I.Yu. [Promising technologies for milk production], *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization], 2015, no. 1 (17), pp. 96-101. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Ivanov Yu.A. [Research results of the NRU FASO of Russia on the creation of innovative equipment and resource-saving technologies for the production of livestock products], *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization], 2016, no. 2 (22), pp. 4-13. (In Russ.)

3. Morozov N.M., Skorkin V.K., Skorkin A.V. [Creation of a strong forage base and technical means of a new generation is the key to the successful development of animal husbandry], *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhitovnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization], 2016, no. 4 (24), pp. 4-9. (In Russ.)
4. Brusenkov A.V., Kapustin V.P. *Tekhnologii i sredstva prigotovleniya korneklubneplodov dlya skarmlivaniya krupnomu rogotomu skotu: monografiya* [Technologies and means of preparing root crops for feeding to cattle: monograph], Tambov: Izdatel'skiy tsentr FGBOU VO «TGTU», 2019, 140 p. (In Russ.)
5. Gordeyev V.V., Khazanov V.Ye., Moroz A.K. [Trends in the development of technologies and technical means of milk production], *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhitovnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization], 2013, no. 3 (11), pp. 21-26. (In Russ.)
6. Brusenkov A.V., Puchkov N.P. *Tekhnologicheskaya liniya dlya priyema i obrabotki korneklubneplodov* [Technological line for receiving and processing root crops], Russian Federation, 2022, Pat. 2767617. (In Russ.)
7. Brusenkov A.V., Puchkov N.P. *Nakopitel'-pitateľ korneklubneplodov* [Accumulator-feeder of root crops], Russian Federation, 2022, Pat. 2767618. (In Russ.)
8. Brusenkov A.V., Kapustin V.P. [Analysis of the technological line for the delivery and preparation of root crops], *Nauka v tseñtral'noy Rossii* [Science in Central Russia], 2019, no. 4 (40), pp. 49-55, doi: 10.35887/2305-2538-2019-4-49-55 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Brusenkov A.V., Il'ina I.Ye. [Increasing the efficiency of preparation of root crops], *Nauka v tseñtral'noy Rossii* [Science in Central Russia], 2019, no. 2 (38), pp. 91-97. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Puchkov N.P., Brusenkov A.V. *Formirovaniye organizatsionno-ekonomicheskikh usloviy effektivnogo funktsionirovaniya APK* [Formation of organizational and economic conditions for the effective functioning of the agro-industrial complex], A Collection of conference proceedings, Minsk, 2019, pp. 104-108. (In Russ.)
11. Kosolapov V.M., Shevtsov A.V., Milev A.D. [Efficiency of using modern technical means of preparing and distributing feed at milk production enterprises], *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhitovnovodstva* [Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Livestock Mechanization], 2016, no. 2 (22), pp. 121-125. (In Russ.)
12. Brusenkov A.V., Kapustin V.P. [Technical and economic evaluation of the effectiveness of the preparation of root crops for cattle], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernad'skogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2019, no. 4 (74), pp. 56-63, doi: 10.17277/voprosy.2019.04.pp.056-063 (In Russ., abstract in Eng.)
13. Popovich I.V. *Metodika ekonomicheskikh issledovaniy v sel'ckom khozyaystve: uchebnoye posobiye* [Methods of economic research in agriculture: study guide], Moscow: Ekonomika, 1982, 216 p. (In Russ.)
14. Toporova L.V., Arkhipov A.V., Makartsev N.G. [et al.] *Praktikum po kormleniyu sel'skokhozyaystvennykh zhitovnykh* [Workshop on feeding farm animals], Moscow: KolosS, 2005, 358 p. (In Russ.)
15. Morozov N.M. *Ekonomicheskaya effektivnost' kompleksnoy mekhanizatsii zhitovnovodstva* [Economic efficiency of complex mechanization of animal husbandry], Moscow: Tseñtral'naya nauchnaya sel'skokhozyaystvennaya biblioteka, 1986, 224 p. (In Russ.)

## **Increasing the Economic Efficiency of the Process of Preparing Root Crops for Cattle Feeding**

**A. V. Brusenkov, N. P. Puchkov**

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

**Keywords:** grinding; set of machines; cattle feeding; feed processing; cutting; feeding root crops; methods of processing root crops; process line; economic efficiency.

**Abstract:** The possibility of modernization of industrial equipment for the tuber feed processing in the conditions of agro-industrial complexes of regional importance was studied. The analysis of technologies and technical means for preparing root crops for feeding was carried out. It is shown that the existing machines have a high energy intensity of the process, despite the fact that the quality of the finished feed does not adequately meet the conditions set out in the zoo-technical requirements. A constructive-technological scheme of the process line, manufactured and tested in the production conditions of the regional agro-industrial complex, is proposed. Its high efficiency is shown, in comparison with the industrial equipment of the KORK-15A feed shop, due to the reduction of metal consumption, specific labor and energy costs.

---

© А. В. Брусенков, Н. П. Пучков, 2022