

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338.43:636.085.55

DOI: 10.26897/2687-1149-2021-5-59-65

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
МАЛЫХ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМБИКОРМОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ****БРАГИНЕЦ СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудникsbraginet@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7137-5692>**БАХЧЕВНИКОВ ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ**✉, канд. техн. наук, научный сотрудникoleg-b@list.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-3362-5627>

Аграрный научный центр «Донской»; 347740, Российская Федерация, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14

Аннотация. В современных условиях для сельхозпредприятий организация внутрихозяйственного производства комбикормов из собственного зернового сырья является экономически оправданной. Авторами выполнена сравнительная технико-экономическая оценка традиционного и модульного малого внутрихозяйственного комбикормового предприятия производительностью 2 т/ч, рассчитанного для сельхозпредприятий со средним поголовьем 6...8 тыс. гол. свиней. Предлагаемый модульный завод состоит из двух модулей: оперативного хранения сырья и основного модуля измельчения и смешивания. Модули с установленным оборудованием доставляются и размещаются на легком фундаменте, соединяются транспортным оборудованием между собой и с емкостями для сырья и готовой продукции. Традиционный завод представляет собой размещенную в ангаре технологическую линию измельчения, дозирования и смешивания сырья, включающую сепаратор, молотковую дробилку, весовое оборудование, смеситель, ёмкости для сырья и готовой продукции, транспортное и аспирационное оборудование. Технико-экономический анализ показал, что создание и эксплуатация внутрихозяйственного модульного предприятия требует на 41% меньше капитальных вложений, чем традиционный комбикормовый завод той же мощности. Эксплуатация малого модульного завода по сравнению с традиционным предприятием позволит снизить эксплуатационные расходы на 23,8% (с 3094 до 2358 тыс. руб.), увеличить удельный экономический эффект от производства комбикорма на 1,6% (с 8,64 до 8,78 тыс. руб/т) и рентабельность продукции на 4% (с 10,2 до 10,6%), снизить простой срок окупаемости предприятия на 42% (с 0,8 до 0,46 года), увеличить чистую приведенную стоимость на 3% (с 66167 до 68216 тыс. руб.). Эксплуатация модульных внутрихозяйственных предприятий производительностью до 3 т/ч, производящих рассыпной комбикорм, является прибыльной и экономически оправданной, позволяет повысить эффективность производства комбикормов для сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: технико-экономическая оценка, производство комбикорма, сельскохозяйственное предприятие, внутрихозяйственное предприятие, модульный завод, экономическая эффективность.

Формат цитирования: Брагинец С.В., Бахчевников О.Н. Сравнительная технико-экономическая оценка малых внутрихозяйственных комбикормовых предприятий // Агроинженерия. 2021. № 5(105). С. 59-65. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-5-59-65>.

© Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., 2021



ORIGINAL PAPER

**COMPARATIVE TECHNICAL AND ECONOMIC ESTIMATION
OF THE SMALL-SCALE ON-FARM COMPOUND FEED PLANTS****SERGEY V. BRAGINETS**, PhD (Eng), Key Research Associatesbraginet@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7137-5692>**OLEG N. BAKHCHEVNIKOV**✉, PhD (Eng), Research Associateoleg-b@list.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-3362-5627>

Agricultural Research Center "Donskoy"; 14, Lenina Str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation

Abstract. On-farm compound feed production from self-produced raw materials is favorable to agricultural enterprises under present-day conditions. The authors carried out a comparative technical and economic study of the conventional and modular small-scale on-farm compound feed plants with a capacity of 2 tons per hour, designed for agricultural enterprises with an average livestock population of 6...8 thousand pigs. The proposed modular plant consists of two modules – the operative storage of raw materials and the main module of grinding and mixing. Modules with installed equipment are delivered and placed on a light foundation, connected by transport equipment and with tanks for raw materials and finished products. The conventional factory is a technological line housed in a hangar and used for crushing, metering, and mixing raw materials. It consists of a separator,

a hammer mill, weighing equipment, a mixer, containers for raw materials and finished products, transport, and aspiration equipment. The technical and economic analysis has shown that the erection and operation of the on-farm modular enterprise require 41% less capital investments than a traditional compound feed plant of the same capacity. The use of a small-scale modular plant will reduce operating costs by 23.8% (from 3094 to 2358 thousand rubles), increase the specific economic effect from the compound feed production by 1.6% (from 8.64 to 8.78 thousand rubles per ton) and return on margin by 4% (from 10.2 to 10.6%), reduce the payback period by 42% (from 0.8 to 0.46 years), and increase the net present value by 3% (from 66167 to 68216 thousand rubles), as compared to a conventional enterprise. The modular on-farm plants producing loose compound feed with a productivity of up to 3 tons per hour are profitable and economically sound as they can increase production efficiency of compound feeds for farm animals.

Key words: technical and economic estimation, compound feed production, agricultural enterprise, on-farm enterprise, modular plant, cost-effectiveness.

For citation: Braginets S.V., Bakhchevnikov O.N. Comparative technical and economic estimation of the small-scale on-farm compound feed plants. *Agricultural Engineering*, 2021; 5 (105): 59-65. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-5-59-65>.

Введение. В настоящее время в сельском хозяйстве юга России сложилась ситуация, при которой стоимость комбикормов, производимых на крупных комбикормовых заводах, значительно превышает себестоимость кормов, производимых в сельхозпредприятиях. Основной причиной этого является большая разница между себестоимостью производства фуражного зерна и ценой его реализации [1], в результате чего сельхозпредприятие, производящее зерно, имеет значительное преимущество перед комбикормовым заводом, приобретающим его по рыночной цене [2]. Это важно, так как в структуре себестоимости комбикорма стоимость сырья занимает до 80%, в том числе зернового сырья – около 45...50% [3]. Помимо этого, в отличие от комбикормовых заводов сельхозпредприятия несут более низкую налоговую нагрузку, что снижает для них себестоимость продукции.

При таких условиях сельхозпредприятие, используя 60...80% собственного растительного сырья, учитывая его по себестоимости при калькуляции стоимости комбикорма и приобретая на стороне 20...25% белково-минеральных компонентов, снижает транспортные расходы и может производить корма, имеющие более низкую стоимость, чем покупные. Это особенно важно в ситуации снижения рентабельности животноводства по причине низкого уровня закупочных цен.

Таким образом, в современных условиях для сельхозпредприятий юга России организация внутрихозяйственного производства комбикормов из собственного зернового сырья является потенциально выгодной и способной значительно повысить эффективность производства животноводческой продукции.

Препятствием для создания малых комбикормовых заводов (производительность до 3 т/ч) в сельхозпредприятиях являются несколько факторов: необходимость предварительной разработки проектной строительной и технологической документации и её экспертизы; получение разрешений на строительство; строительство здания; монтаж и наладка оборудования; получение разрешений на пуск и эксплуатацию предприятия [4]. Поэтому для сельхозпредприятий предпочтительно приобретение блочно-модульных технологических линий высокой степени готовности, что не требует предварительного проектирования и согласований.

Добиться значительного снижения затрат времени и труда можно при проектировании и строительстве малого модульного комбикормового завода. В основе модульных предприятий лежит концепция «Фабрика в коробке», предусматривающая поставку заказчику готового

мини-завода в форме компактного комплекта оборудования, размещенного в одном или нескольких транспортно-контейнерах [5, 6]. В качестве такового был принят стандартный 20-футовый грузовой контейнер [7].

В последние годы в России разработаны малогабаритные машины для обработки сельскохозяйственного сырья [8]. Это позволяет разместить в нескольких 20-футовых грузовых контейнерах малое предприятие по приготовлению рассыпных комбикормов мощностью до 3 т/ч. Поэтому возникла необходимость оценить эффективность создания в сельхозпредприятии малого модульного комбикормового завода по сравнению с традиционным предприятием.

Цель исследований: провести сравнительную технико-экономическую оценку традиционного и модульного малых внутрихозяйственных комбикормовых предприятий.

Материал и методы. Использованы методы сравнения и прогнозирования технико-экономических показателей работы предприятия и эффективности капитальных вложений [9, 10]. Использованы методы определения эффективности инвестиций на основе вычисления рентабельности и чистой приведенной стоимости за период эксплуатации предприятия [11, 12]. Для детальной оценки экономической эффективности предприятия использованы показатели удельного экономического эффекта и себестоимости продукции.

Внутрихозяйственный завод производит комбикорм только для собственных нужд сельхозпредприятия и не реализует его сторонним покупателям, поэтому получаемую им прибыль определяли как разность между себестоимостью произведенного корма и стоимостью приобретения и доставки аналогичного комбикорма промышленного производства.

В качестве объектов для сравнения приняты модульный и традиционный комбикормовые заводы производительностью 2 т/ч, так как она является достаточной для сельхозпредприятий со средним поголовьем сельскохозяйственных животных (6...8 тыс. гол. свиней), и комбикормовые предприятия такой мощности будут востребованы.

Результаты и обсуждение. Стадии создания традиционного малого комбикормового завода в новом здании представлены на рисунке 1. В отличие от него для модульного завода проектирование состоит в подборе необходимых модулей и их привязке к площадке и коммуникациям.

Модули с уже установленным оборудованием доставляют и размещают на легком фундаменте, соединяют транспортным оборудованием между собой и с емкостями для сырья и готовой продукции, подключают к электросети. Таким образом, при строительстве малого модульного завода будет

получена значительная экономия времени за счёт сокращения продолжительности или отказа от определённых его этапов, что влечёт за собой снижение капитальных вложений.

Была осуществлена сравнительная технико-экономическая оценка традиционного и модульного комбикормовых заводов производительностью 2 т/ч, выпускающих рассыпной комбикорм для свиней и крупного рогатого скота.

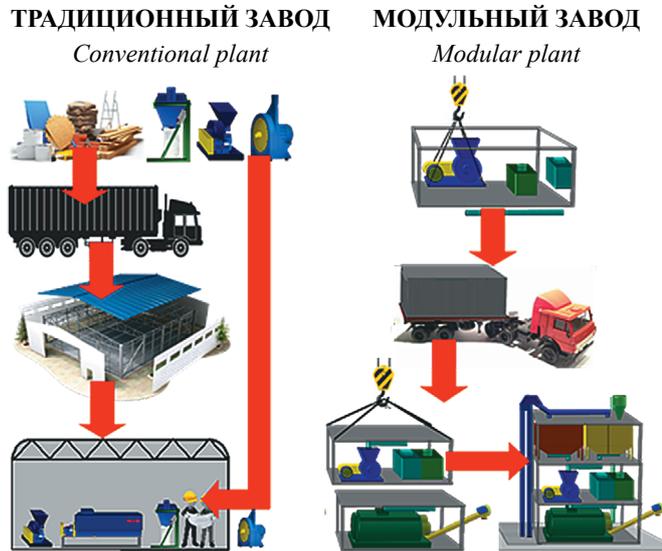


Рис. 1. Стадии создания малых комбикормовых заводов
Fig 1. Establishing stages of small-scale compound feed plants

Рассматриваемый традиционный завод представляет собой размещённую в ангаре технологическую линию измельчения, дозирования и смешивания сырья. Она включает в себя сепаратор, молотковую дробилку, весовое

оборудование, смеситель, ёмкости для сырья и готовой продукции, транспортное и аспирационное оборудование. Размещение оборудования горизонтальное.

Предлагаемый модульный завод состоит из двух модулей: оперативного хранения сырья и основного модуля измельчения и смешивания (рис. 2). Состав его оборудования практически тот же, что и у традиционного завода.

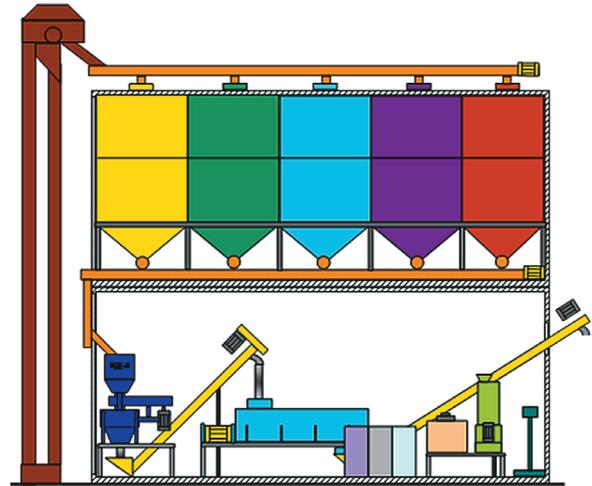


Рис. 2. Малый модульный комбикормовый завод производительностью 2 т/ч

Fig. 2. Small-scale modular compound feed plant with a capacity of 2 tons per hour

Сравнение капитальных вложений в создание традиционного и модульного малых внутрихозяйственных комбикормовых заводов производительностью 2 т/ч представлено в таблице 1.

Таблица 1

Структура капитальных вложений при строительстве малого внутрихозяйственного комбикормового завода производительностью 2 т/ч

Table 1

Structure of capital investments in case of construction the small-scale on-farm compound feed plant with a capacity of 2 tons per hour

Показатели <i>Indicators</i>	Тип предприятия / <i>Type of the enterprise</i>		
	Традиционный завод <i>Conventional plant</i>	Модульный завод <i>Modular plant</i>	Экономия средств, % <i>Capital saving, %</i>
Стоимость оборудования, тыс. руб. <i>Cost of equipment, thousand rubles</i>	3500	3000	14,3
Стоимость проектирования, тыс. руб. <i>Design cost, thousand rubles</i>	105	20	81,0
Стоимость строительных материалов и конструкций, тыс. руб. <i>Cost of construction materials and structures, thousand rubles</i>	1100	250	77,2
Стоимость строительства зданий и сооружений, тыс. руб. <i>Facility construction cost, thousand rubles</i>	950	150	84,2
Стоимость монтажа оборудования, тыс. руб. <i>Cost of equipment installation, thousand rubles</i>	350	200	42,9
Стоимость транспортировки оборудования и строительных материалов, тыс. руб. <i>Transportation cost of equipment and construction materials, thousand rubles</i>	310	115	62,9
Капитальные вложения, тыс. руб. <i>Capital investments, thousand rubles</i>	6315	3735	40,8

Модульный комбикормовый завод требует на 40,8% меньше капитальных вложений, чем традиционный завод. При сопоставимых затратах на покупку оборудования экономия денежных средств достигается за счёт прочих статей затрат, в основном расходов на проектирование и строительство здания, а также на монтаж и доставку оборудования (рис. 3).

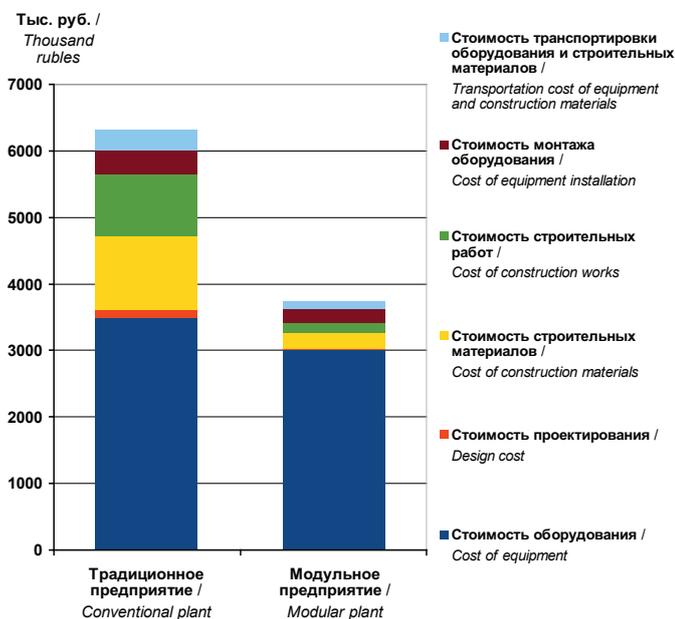


Рис. 3. Структура капитальных вложений при строительстве малого внутрихозяйственного комбикормового завода

Fig. 3. Structure of capital investments in the construction of a small-scale on-farm compound-feed plant

Снижение затрат на приобретение оборудования модульного завода обусловлено уменьшением длины транспортных механизмов по причине компактного размещения машин в модуле. Другой причиной снижения является то, что потребитель фактически делает оптовый заказ на оборудование, получая на него скидку у производителя.

Значительное снижение стоимости проектирования объясняется тем, что в случае модульного завода в нем фактически нет нужды, так как используются ранее разработанные типовые модули.

Отсутствие необходимости в возведении здания для размещения производства приводит к существенной экономии средств статей расходов: «Стоимость строительных материалов» и «Стоимость строительства зданий». В них входят лишь стоимость модулей-контейнеров (каркас и легкие стенки), материалов для ленточного фундамента, стоимость работ по его устройству, а также оплата установки на нем подъемным краном модулей-контейнеров, что обеспечивает значительную экономию средств.

Стоимость монтажа и настройки оборудования модульного завода снижается на 43%, так как его осуществляют непосредственно на предприятии-изготовителе. При этом не требуется выезд специалистов в сельхозпредприятие. До 63% экономии достигается за счёт отсутствия необходимости в доставке строительных материалов (за исключением материалов для ленточного фундамента). Для доставки оборудования требуется лишь два рейса автомобиля-контейнеровоза, в то время как для традиционного завода нужно совершить больше рейсов.

Модульный комбикормовый завод имеет значительное преимущество перед традиционным по всем статьям капитальных вложений, кроме стоимости оборудования.

Рассмотрим более подробно структуру эксплуатационных расходов для сравниваемых комбикормовых предприятий (табл. 2).

Структура эксплуатационных и иных расходов малого внутрихозяйственного комбикормового завода производительностью 2 т/ч

Таблица 2

Table 2

Structure of operating and other costs of small-scale on-farm compound feed plant with a capacity of 2 tons per hour

Показатель / Indicators	Тип предприятия / Type of the enterprise		
	Традиционный завод / Conventional plant	Модульный завод / Modular plant	Экономия средств, % / Capital saving, %
Затраты на электроэнергию, тыс. руб. / Costs of the electric power, thousand rubles	934	878	6,0
Фонд оплаты труда, тыс.руб. / Wages fund, thousand rubles	1080	720	33,3
Затраты на амортизацию оборудования, тыс. руб. / Costs of equipment depreciation, thousand rubles	350	300	14,3
Расходы на техническое обслуживание и ремонт оборудования, тыс. руб. / Costs on equipment maintenance and repair, thousand rubles	490	420	14,3
Затраты на амортизацию зданий и сооружений, тыс. руб. / Costs of building depreciation, thousand rubles	200	40	80,0
Расходы на текущий ремонт здания, тыс. руб. / Costs of building repair, thousand rubles	40	–	100,0
Эксплуатационные затраты, тыс. руб. / Operating costs, thousand rubles	3094	2358	23,8
Накладные расходы, тыс. руб. / Overhead costs, thousand rubles	309,4	235,8	23,8
Стоимость сырья, тыс. руб. / Raw material costs, thousand rubles	74635	74635	–
Общие затраты, тыс. руб. / Total costs, thousand rubles	78038,4	77228,8	1,04

Малый модульный завод по сравнению с традиционным обеспечивает снижение эксплуатационных расходов на 23,8%. Экономия фонда оплаты труда в 33% для него достигается за счёт сокращения числа работников с 3 до 2 чел. Это обусловлено тем, что при компактном размещении оборудования и высокой степени автоматизации один работник может обслуживать большее количество машин. Затраты на амортизацию зданий для модульного завода снижены на 80%, так как стоимость контейнеров-модулей

значительно ниже, чем здания традиционного предприятия. Статья расходов на текущий ремонт здания для модульного завода отсутствует, так как у него нет здания в традиционном смысле этого слова. Таким образом, удельные эксплуатационные расходы для модульного комбикормового завода уменьшаются с 0,53 до 0,4 тыс. руб/т.

Результаты расчёта сравнительной экономической эффективности традиционного и модульного комбикормовых предприятий представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели экономической эффективности внутрихозяйственных комбикормовых предприятий производительностью 2 т/ч

Table 3

Indicators of economic efficiency of the on-farm compound feed enterprises with a capacity of 2 tons per hour

Показатель <i>Indicators</i>	Тип предприятия <i>Type of the enterprise</i>	
	Традиционный завод <i>Traditional plant</i>	Модульный завод <i>Modular plant</i>
Экономический эффект, тыс. руб/год (разность между затратами на покупку комбикорма и себестоимостью его производства) <i>Economic effect, thousand rubles per year (Difference between costs of compound feed purchase and cost of its production)</i>	50441,6	51251,2
Удельный экономический эффект от производства комбикорма, тыс. руб/т <i>Specific economic effect from compound feed manufacturing, thousand rubles per tonn</i>	8,64	8,78
Экономический эффект, тыс. руб/год (дополнительный доход от реализации продукции животноводства) <i>Economic effect, thousand rubles per year (Additional income from sales the products of livestock production)</i>	7940	8186
Удельный экономический эффект от реализации продукции животноводства, тыс. руб/т <i>Specific economic effect from the sales of livestock products, thousand rubles per ton</i>	1,36	1,40
Рентабельность продукции, % / Return on margin ROM, %	10,2	10,6
Простой срок окупаемости, лет / Payback period PP, years	0,80	0,46
Дисконтированный срок окупаемости, лет <i>Discounted payback period DPP, years</i>	0,96	0,55
Себестоимость комбикорма, тыс. руб/т <i>Prime cost of compound feed, thousand rubles per tonn</i>	13,36	13,22
Чистая приведенная стоимость NPV, тыс. руб. <i>Net present value NPV, thousand rubles</i>	66167	68216

Экономическая эффективность внутрихозяйственного предприятия, рассчитываемая как разность между затратами на покупку комбикорма на стороне (средняя стоимость 22 тыс. руб/т) и себестоимостью его производства, достигает 51,2 млн руб/год (табл. 3). Модульный завод обеспечивает получение дополнительного экономического эффекта от производства комбикорма 810 тыс. руб/год по сравнению с традиционным.

Экономическая эффективность модульного завода, рассчитываемая как дополнительный доход

от реализации продукции животноводства при использовании комбикорма собственного производства, составляет 8,19 млн руб/год, что на 3,1% больше, чем у традиционного.

Эксплуатация модульного завода приводит к получению удельного экономического эффекта от производства комбикорма в 8,78 тыс. руб/т, что на 1,6% выше, чем у традиционного (рис. 4). Себестоимость производства комбикорма на модульном предприятии на 1,1% ниже, чем на традиционном (рис. 4).

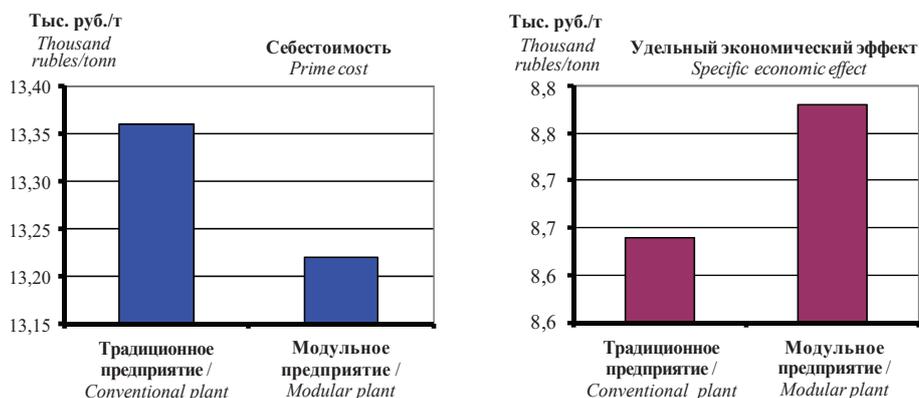


Рис. 4. Показатели экономической эффективности малых внутрихозяйственных комбикормовых предприятий

Fig. 4. Indicators of economic efficiency of the small-scale on-farm compound feed enterprises

Незначительное улучшение экономических показателей объясняется тем, что в себестоимости комбикорма львиная доля приходится на неизменные затраты на сырьё – около 90%, а эксплуатационные затраты составляют лишь 3...4%, поэтому их снижение на модульном предприятии мало влияет на его общую экономическую эффективность. Основной экономический эффект достигается за счёт снижения капитальных вложений.

Увеличение рентабельности продукции на модульном предприятии по сравнению с традиционным составляет 4%. Этот фактор в совокупности со значительным уменьшением эксплуатационных затрат и необходимых капитальных вложений обеспечивает снижение простого срока окупаемости предприятия на 42%.

Экономический анализ показал, что полученная в результате деятельности модульного предприятия

на протяжении 10 лет чистая приведенная стоимость NPV составит 68,2 млн руб., что на 3% выше, чем у традиционного предприятия.

Выводы

Создание и эксплуатация внутрихозяйственного модульного предприятия производительностью 2 т/ч является прибыльным и экономически оправданным:

- требуется на 41% меньше капитальных вложений, чем традиционный комбикормовый завод той же мощности;
- эксплуатация малого модульного завода по сравнению с традиционным предприятием позволит снизить эксплуатационные расходы на 23,8%, увеличить удельный экономический эффект на 1,6%, рентабельность продукции на 4%, снизить простой срок окупаемости предприятия на 42%, увеличить чистую приведенную стоимость на 3%.

Библиографический список

1. Анисимов А.В. Перспективы глубокой переработки зерна на малых предприятиях // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 61-65. <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i2pp61-65>
2. Осенний В.В., Турлий С.И., Бершицкий Ю.И. Экономическая эффективность организации внутрихозяйственной переработки зерна // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 58. С. 60-66.
3. Кухта Е.А. Эволюция технологий и оборудования для приготовления кормосмесей – основа для исследований экономической эффективности кормопроизводства // Технологический аудит и резервы производства. 2013. № 6. С. 21-25.
4. Герасимова С.П., Зырянов Д.А., Турубанов Н.В. и др. Техничко-экономическое обоснование внутрихозяйственного комбикормового цеха // Владимирский земледелец. 2018. № 4 (86). С. 58-63. <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2018-10044>
5. Модульные заводы: практические решения // Комбикорма. 2016. № 7-8. С. 28-34.
6. Baldea M., Edgar T.F., Stanley B.L., Kiss A.A. Modular manufacturing processes: Status, challenges, and opportunities (2017) AIChE Journal, 63 (10), pp. 4262-4272 (In English). <https://doi.org/10.1002/aic.15872>

References

1. Anisimov A.V. Perspektivy glubokoy pererabotki zerna na malykh predpriyatiyakh [Prospects of the deep processing of grain on small enterprises]. *Agrarniy Nauchnyy Zhurnal*, 2019; 2: 61-65. (In Rus.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i2pp61-65>
2. Osenniy V.V., Turliy S.I., Bershickiy Yu.I. Ekonomicheskaya effektivnost' organizatsii vnutrikhozyaystvennoy pererabotki zerna [Economic efficiency of the organization of on-farm grain processing]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016; 58: 60-66. (In Rus.)
3. Kukhta E.A. Evolyutsiya tekhnologiy i oborudovaniya dlya prigotovleniya kormosmesey – osnova dlya issledovaniy ekonomicheskoy effektivnosti kormoproizvodstva [Evolution of technologies and equipment for making feed compounds as a basis for assessing the economic efficiency of feed production]. *Tekhnologicheskiy audit i rezervy proizvodstva*. 2013; 6: 21-25. (In Rus.)
4. Gerasimova S.P., Zyryanov D.A., Turubanov N.V., Chernyatye A.N. Feasibility study of on-farm compound feed plant. *Vladimirskiy zeledelets*. 2018; 4: 58-63. (In Rus.) <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2018-10044>
5. Modul'nye zavody: praktichnye resheniya [Modular plants: practical solutions]. *Kombikorma*, 2016; 7-8: 28-34. (In Rus.)

7. Rossi F., Arfelli S., Hu S.J., Tolio T.A.M., Freiheit T. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design (2019) *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 31 (4), 945-988 (In English). <https://doi.org/10.1007/s10696-019-09338-7>

8. Афанасьев В.А., Орлов Е., Богомолов И. Отечественные технические решения в производстве комбикормов // *Комбикорма*. 2016. № 12. С. 47-52.

9. Сазонов А.А., Колосова В.В., Внучков Ю.А. Методы оценки и анализа экономической эффективности инновационной деятельности предприятия // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Экономика»*. 2018. № 2. С. 180-187. <https://doi.org/10.18384/2310-6646-2018-2-180-187>

10. Sievers S., Seifert T., Franzen M., Schembecker G., Bramsiepe C. Fixed capital investment estimation for modular production plants (2017) *Chemical Engineering Science*, 158, 395-410 (In English). <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.09.029>

11. Минина Н.Н. Интегральная методика оценки устойчивости сельскохозяйственных организаций // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2. С. 71-77.

12. Magni C.A., Marchioni A. Average rates of return, working capital, and NPV-consistency in project appraisal: A sensitivity analysis approach (2020) *International Journal of Production Economics*, 229, pp. 107769 (In English). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107769>

6. Baldea M., Edgar T.F., Stanley B.L., Kiss A.A. Modular manufacturing processes: Status, challenges, and opportunities. *AIChE Journal*, 2017; 63(10): 4262-4272. <https://doi.org/10.1002/aic.15872>

7. Rossi F., Arfelli S., Hu S.J., Tolio T.A.M., Freiheit T. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 2019; 31(4): 945-988. <https://doi.org/10.1007/s10696-019-09338-7>

8. Afanasyev V.A., Orlov E., Bogomolov I. Otechestvennye tekhnicheskie resheniya v proizvodstve kombikormov [Domestic technical solutions in the production of compound feeds]. *Kombikorma*, 2016; 12: 47-52. (In Rus.)

9. Sazonov A.A., Kolosova V.V., Vnuchkov Yu.A. Methods for assessing and analyzing the economic efficiency of innovative activities of an enterprise. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Series "Economics"*, 2018; 2: 180-187. (In Russ.) <https://doi.org/10.18384/2310-6646-2018-2-180-187>

10. Sievers S., Seifert T., Franzen M., Schembecker G., Bramsiepe C. Fixed capital investment estimation for modular production plants. *Chemical Engineering Science*, 2017; 158: 395-410. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.09.029>

11. Minina N.N. Integral'naya metodika otsenki ustoychivosti sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy [Integral methods for assessing the sustainability of agricultural enterprises]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2019; 2: 71-77. (In Rus.)

12. Magni C.A., Marchioni A. Average rates of return, working capital, and NPV-consistency in project appraisal: A sensitivity analysis approach. *International Journal of Production Economics*, 2020; 229: 107769. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107769>

Критерии авторства

Брагинец С.В. и Бахчевников О.Н. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и подготовили рукопись. Брагинец С.В. и Бахчевников О.Н. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 25.03.2021

Одобрена после рецензирования 17.07.2021

Принята к публикации 17.07.2021

Contribution

S.V. Braginets and O.N. Bakhchevnikov carried out theoretical studies, generalized the obtained results and wrote the manuscript. S.V. Braginets and O.N. Bakhchevnikov have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received 25.03.2021

Approved after reviewing 17.07.2021

Accepted for publication 17.07.2021