

УДК 636.085.55

UDC 636.085.55

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Technologies and means of agricultural mechanization

РЕКОНСТРУКЦИЯ МАЛОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА МЕТОДОМ ИНТЕГРАЦИИ В ЕГО СОСТАВ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ОБРАБОТКИ РАССЫПНОГО КОМБИКОРМА

RECONSTRUCTION OF SMALL-SCALE FORMULA-FEED PLANT BY METHOD INTEGRATION INTO ITS COMPOSITION THE MODULAR PROCESS LINE FOR PROCESSING LOOSE COMPOUND FEED

Брагинец Сергей Валерьевич
канд. техн. наук
РИНЦ SPIN-код: 4849-0287
ORCID: 0000-0001-7137-5692
ResearcherID: Y-6307-2019
Scopus Author ID: 57202639521
sbraginets@mail.ru

Braginets Sergey Valereyevich
Cand.Sci.Tech.
RSCI SPIN-code: 4849-0287
ORCID: 0000-0001-7137-5692
ResearcherID: Y-6307-2019
Scopus Author ID: 57202639521
sbraginets@mail.ru

Бахчевников Олег Николаевич
канд. техн. наук
РИНЦ SPIN-код: 3350-9055
ORCID: 0000-0002-3362-5627
ResearcherID: S-3312-2016
Scopus Author ID: 57202648620
oleg-b@list.ru

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich
Cand.Sci.Tech.
RSCI SPIN-code: 3350-9055
ORCID: 0000-0002-3362-5627
ResearcherID: S-3312-2016
Scopus Author ID: 57202648620
oleg-b@list.ru

Бенова Елена Викторовна
канд. техн. наук
РИНЦ SPIN-код: 5436-4828
ORCID: 0000-0002-7456-3514
benova@km.ru

Benova Elena Viktorovna
Cand.Sci.Tech.
RSCI SPIN-code: 5436-4828
ORCID: 0000-0002-7456-3514
benova@km.ru

Бородина Елена Николаевна
канд. техн. наук
РИНЦ SPIN-код: 8368-7733
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

Borodina Elena Nikolaevna
Cand.Sci.Tech.
RSCI SPIN-code: 8368-7733
Donskoy Agricultural Scientific Centre, Zernograd, Russia

Малые внутрихозяйственные заводы, выпускающие рассыпной комбикорм, являются устаревшими и требуют реконструкции путем добавления современных технологических линий гранулирования или экструдирования комбикорма. Но такая реконструкция требует остановки производства, что неприемлемо в условиях сельхозпредприятия. Предложен метод реконструкции малого внутрихозяйственного комбикормового завода, заключающийся в интеграции в его состав модульной технологической линии экструдирования или гранулирования рассыпного комбикорма без остановки производства. Здание для новой технологической линии создается из конструктивных модулей, представляющих собой металлические каркасы с габаритами стандартного грузового контейнера, в которых установлено готовое к применению оборудование. Сборное многоярусное здание технологической линии гранулирования или экструдирования размещают рядом с основным производственным корпусом существующего внутрихозяй-

The small-scale intra-economic plants producing loose compound feed are outdated and require reconstruction by method of the modern process lines of compound feed granulation or extrusion adding. But such reconstruction requires a production stop. It is unacceptable for agricultural enterprises. The method of small-scale intra-economic formula-feed plant reconstruction is offered. The method consists in integration into composition of the plant of a modular process line for loose compound feed extrusion or granulation without stopping of production. The building for a new process line is created from the constructive modules representing metal frames with overall dimensions of a standard cargo container in which the equipment, ready to application, is installed. The combined multi-level building of a process line for granulation or extrusion is placed near the main factory building of the existing intra-economic enterprise. Buildings additional and the main production lines form two multilevel production factory building. The example of small-scale formula-feed plant reconstruction by method of

ственного предприятия. При этом здания дополнительной и основной производственной линий образуют два многоярусных производственных корпуса. Приведен пример реконструкции малого комбикормового завода путем интеграции модульной технологической линии гранулирования, состоящей из модулей оперативного хранения и дозирования рассыпного комбикорма, кондиционирования и гранулирования, охлаждения, просеивания гранул. Благодаря предлагаемому способу реконструкции, традиционный комбикормовый завод фиксированной структуры превращается в трансформируемую систему, так как конфигурация новой модульной линии может быть легко изменена. Предлагаемый метод реконструкции является перспективным для применения на малых внутрихозяйственных комбикормовых заводах, так как позволяет без остановки действующего производства реорганизовать приготовление комбикорма согласно современным требованиям, повысив его качество и срок хранения. Благодаря возведению здания новой линии из готовых конструктивных модулей срок строительства завода уменьшается с нескольких месяцев до нескольких недель

Ключевые слова: КОРМА, КОМБИКОРМА, ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ, КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ГРАНУЛИРОВАНИЕ, ЭКСТРУЗИЯ

integration a modular process line for granulation is explained. The line consists of modules for operational storage and dispensing of loose compound feed, conditioning and granulation, cooling, separation of granules. The traditional formula-feed plant of the fixed structure turns into the transformed system because the configuration of the new modular line can be easily changed. The offered method of reconstruction is perspective for application on small-scale intra-economic formula-feed plants as allows to reorganize without stopping operating production preparation of compound feed according to the modern requirements, having increased its quality and period of storage. Period of construction of the plant decreases from several months to several weeks thanks to creation of the building of the new line from ready constructive modules

Keywords: FEED, COMPOUND FEEDS, COMPOUND FEEDS MANUFACTURING, FORMULA-FEED PLANT, RECONSTRUCTION, PELLETING, EXTRUSION

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-152-002>

Введение

В настоящее время производство комбикормов в значительной мере переместилось с крупных независимых комбикормовых заводов на внутрихозяйственные предприятия [1]. При этом сельхозпредприятия, имеющие малые заводы (производительность до 5 т/ч), выпускающие рассыпной комбикорм, проигрывают в конкурентной борьбе хозяйствам, построившим современные внутрихозяйственные предприятия, выпускающие гранулированный или экструдированный комбикорм. Малые заводы, выпускающие лишь рассыпной комбикорм, являются устаревшими и требуют реконструкции путем добавления современных технологических линий гранулирования или экструдирования комбикорма (рис. 1), позволяющих повысить его качество и срок хранения.

Но такая реконструкция требует частичной или полной остановки производства, что неприемлемо в условиях сельхозпредприятия, имеющего животноводческие фермы. Выходом является строительство нового производственного корпуса, в котором размещается технологическая линия гранулирования или экструдирования, обрабатывающая рассыпной комбикорм, поступающий из основного производственного корпуса. Но возведение здания для новой технологической линии требует проектирования, согласования проекта и строительных работ, которые осуществляются в течение достаточно длительного промежутка времени.

Для ускорения реконструкции может быть применена получившая распространение зарубежом концепция «Factory-in-a-box» («Фабрика в коробке»), предусматривающей поставку заказчику готового к использованию компактного комплекта оборудования, уже объединенного в единой конструкции [2, 3].

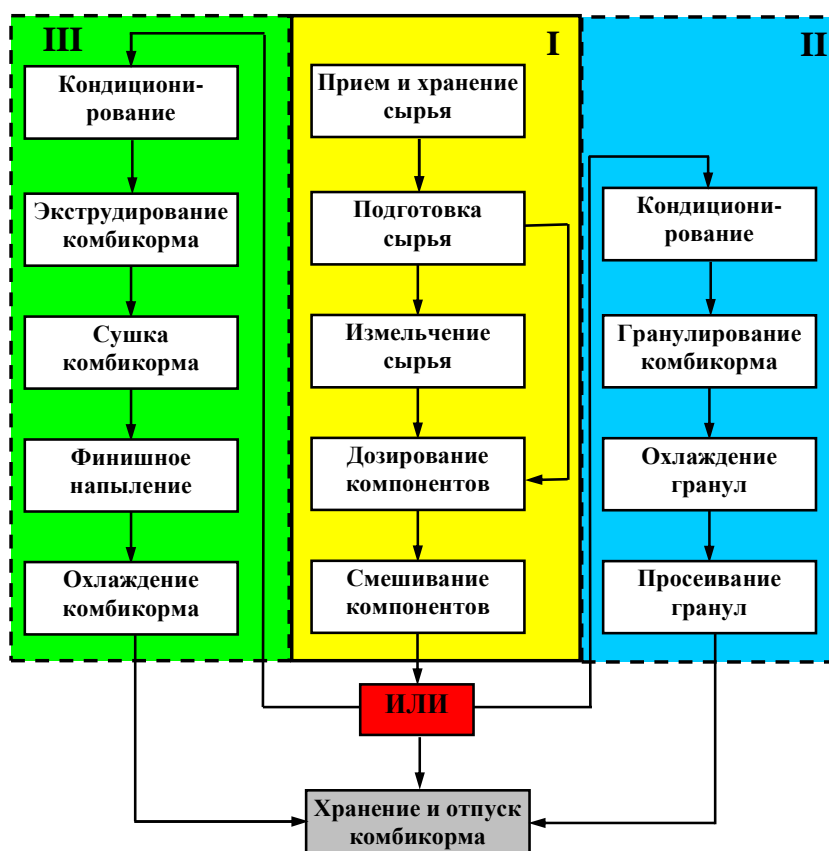


Рисунок 1 – Технологические линии реконструируемого малого комбикормового завода:

I – действующая линия приготовления рассыпного комбикорма; II – новая линия гранулирования комбикорма; III – новая линия экструдирования комбикорма

Процесс реконструкции комбикормового завода возможно ускорить, создав для новой технологической линии быстровозводимое здание, состоящее из стандартизованных конструктивных модулей, имеющих габариты 20-футового грузового контейнера (6×2,5×2,6 м) [4, 5]. При этом оборудование устанавливают внутри каркаса конструктивного модуля на предприятии изготовителе [6], что позволяет ускорить сборку технологической линии у заказчика.

Цель исследования – разработка метода реконструкции малого внутрихозяйственного комбикормового завода, заключающегося в интеграции в состав завода модульной технологической линии экструдирования или гранулирования рассыпного комбикорма.

Методика

Исследования проводили на основе положений теории системного анализа и синтеза [7], адаптированных для применения в инженерной сфере [8, 9]. Применен модульный принцип формирования производственных систем [10, 11, 12, 13]. Использована концепция создания готовых к работе транспортабельных мини-фабрик «Factory-in-a-box» («Фабрика в коробке») [2, 3, 14]. Также использованы результаты исследований S. Lieg по созданию малых трансформируемых модульных заводов [15, 16].

Результаты исследований

В результате проведенных исследований установлено, что рациональным является возведение легкого здания для новой технологической линии для комбикормового завода из конструктивных модулей, представляющих собой металлические каркасы единого типоразмера на основе стандартного 20-футового (6×2,5×2,6 м) контейнера. Поставка заказчику

технологической линии осуществляется в виде готовых к применению компактных комплектов оборудования, размещенных в одном или нескольких транспортабельных модулях-контейнерах (рис. 2).

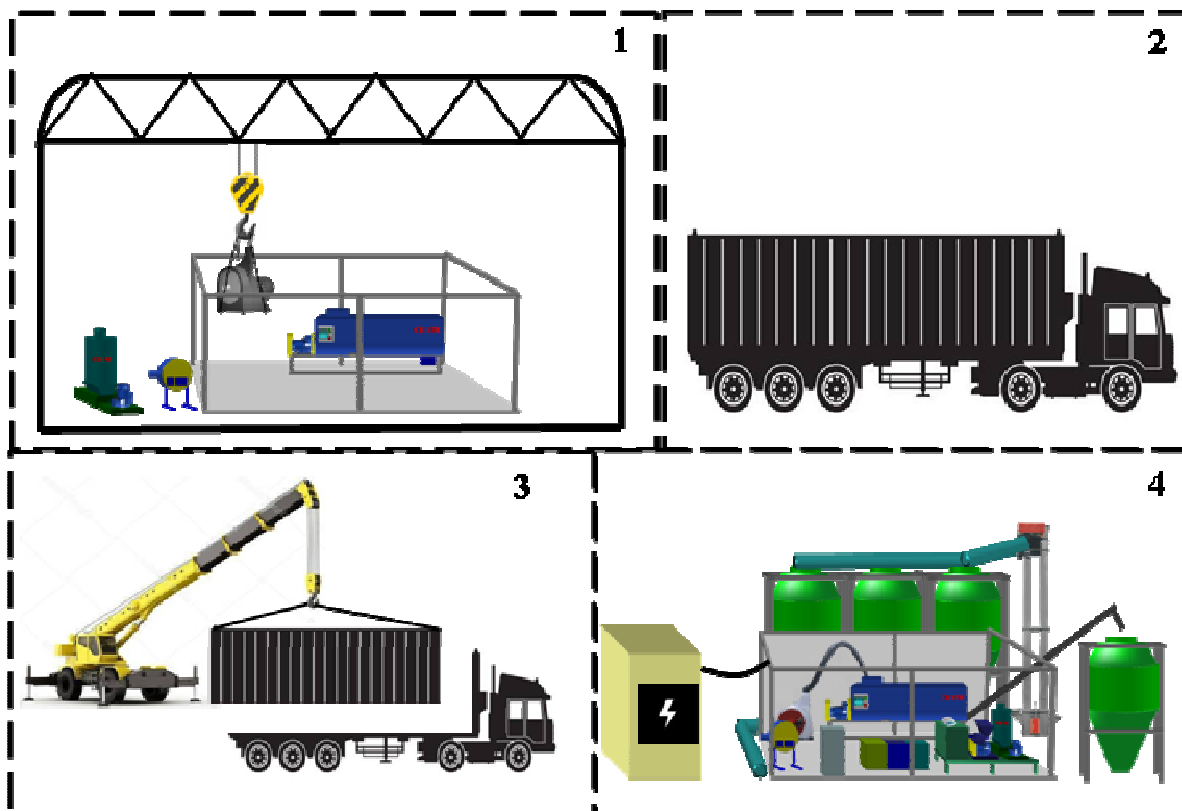


Рисунок 2 – Сборка технологического модуля на базе конструктивного модуля с габаритами грузового контейнера:

1 – сборка и настройка оборудования конструктивного модуля на предприятии-изготовителе; 2 – транспортировка конструктивного модуля; 3 – установка конструктивного модуля; 4 – сборка технологической линии из конструктивных модулей

Предлагаемая линия состоит из технологических модулей, каждый из которых выполняет одну или несколько взаимосвязанных технологических операций, например, гранулирование или охлаждение гранул. Если все оборудование модуля невозможно разместить в одном конструктивном модуле, то его размещают в нескольких таких модулях, образующих при

стыковке и соединении транспортным оборудованием единый технологический модуль (рис. 2).

Прочный каркас конструктивного модуля на базе грузового контейнера позволяет размещать конструктивные модули в несколько ярусов. Благодаря этому возможна сборка каркасного здания новой технологической линии в виде «башни», в которой комбикорм в процессе обработки перемещается вертикально, т.е. «сверху вниз» по самотечным трубам. Это позволяет снизить затраты на перемещение продукта в ходе технологического процесса на 30-40 %.

При создании новой технологической линии конструктивные модули с уже установленным внутри них оборудованием доставляются на площадку заказчика, где нижний модуль устанавливается на предварительно подготовленном легком фундаменте. Последующие конструктивные модули устанавливаются поверх него и соединяются посредством имеющихся на их каркасах соединительных элементов, образуя многоуровневую конструкцию. При этом каркас конструктивных модулей формирует каркас здания технологической линии, а их боковые и верхние стенки – его стены и крышу. Машины, входящие в состав различных конструктивных модулей, соединяются транспортным оборудованием. Для удобства перемещения персонала с наружной стороны модулей размещается металлическая лестница с ограждением. Такая лестница транспортируется отдельно от модулей и крепится к их стенкам в ходе монтажа на строительной площадке.

Сборное здание технологической линии гранулирования или экструдирования рационально разместить рядом с основным производственным корпусом существующего внутрихозяйственного предприятия, производящего рассыпной комбикорм (рис. 3).

При этом здания дополнительной и основной производственной линий образуют два многоярусных производственных корпуса.

Здание нового корпуса размещается таким образом, чтобы произведенный в основном корпусе предприятия рассыпной комбикорм мог поступать в норию, доставляющую его в начальный (верхний) модуль новой технологической линии.

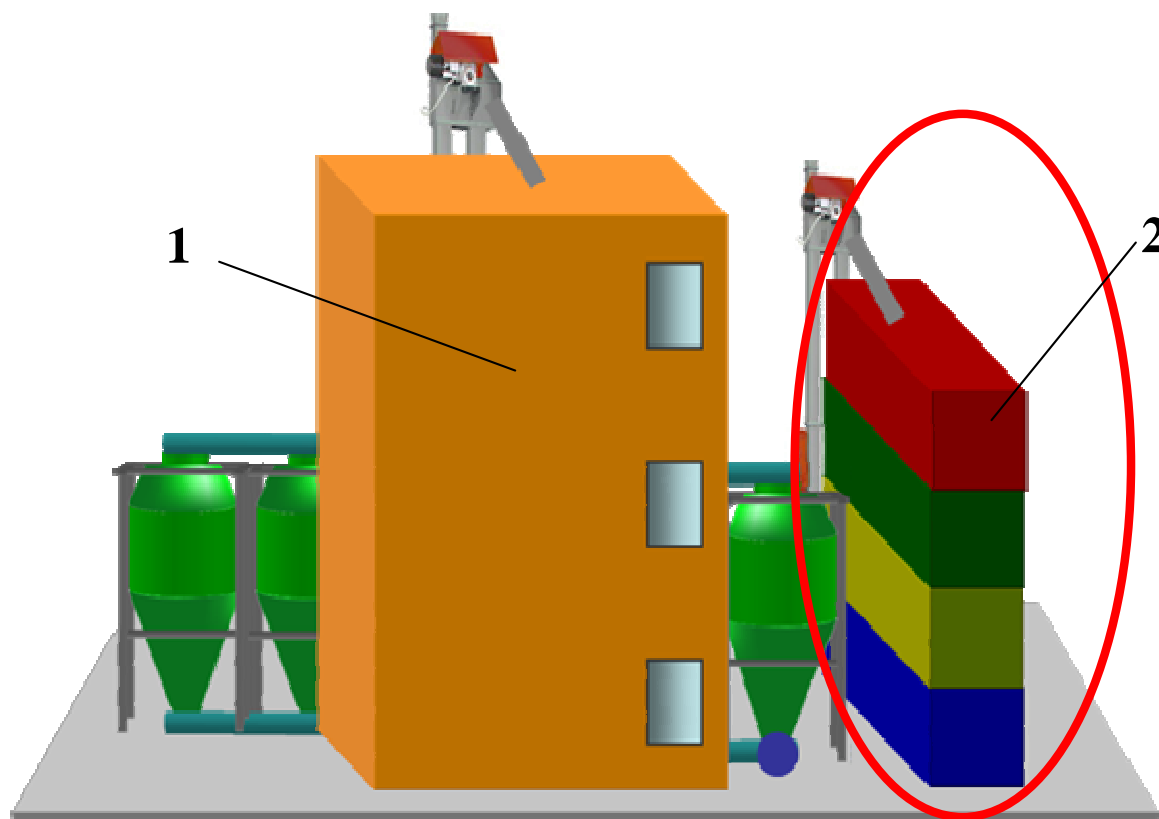


Рисунок 3 – Размещение новой технологической линии при реконструкции существующего малого комбикормового завода:

1 – здание существующего завода (технологическая линия производства рассыпного комбикорма); 2 – сборное здание модульной технологической линии гранулирования или экструдирования

Для согласования циклов работы новой линии и существующей основной технологической линии между ними размещаются бункеры для оперативного хранения рассыпного комбикорма, из которых он норией доставляется в накопительный бункер над пресс-гранулятором.

Модульная технологическая линия окончательной обработки комбикорма (гранулирование или экструдирование) сочетается как с основной

линией измельчения-смешивания вертикальной планировки (рис. 3), так и с линией, предусматривающей горизонтальное размещение оборудования, что характерно для многих малых внутрихозяйственных производств.

Рассмотрим подробнее предлагаемый метод реконструкции малого комбикормового завода на примере интеграции в его состав модульной линии гранулирования комбикорма.

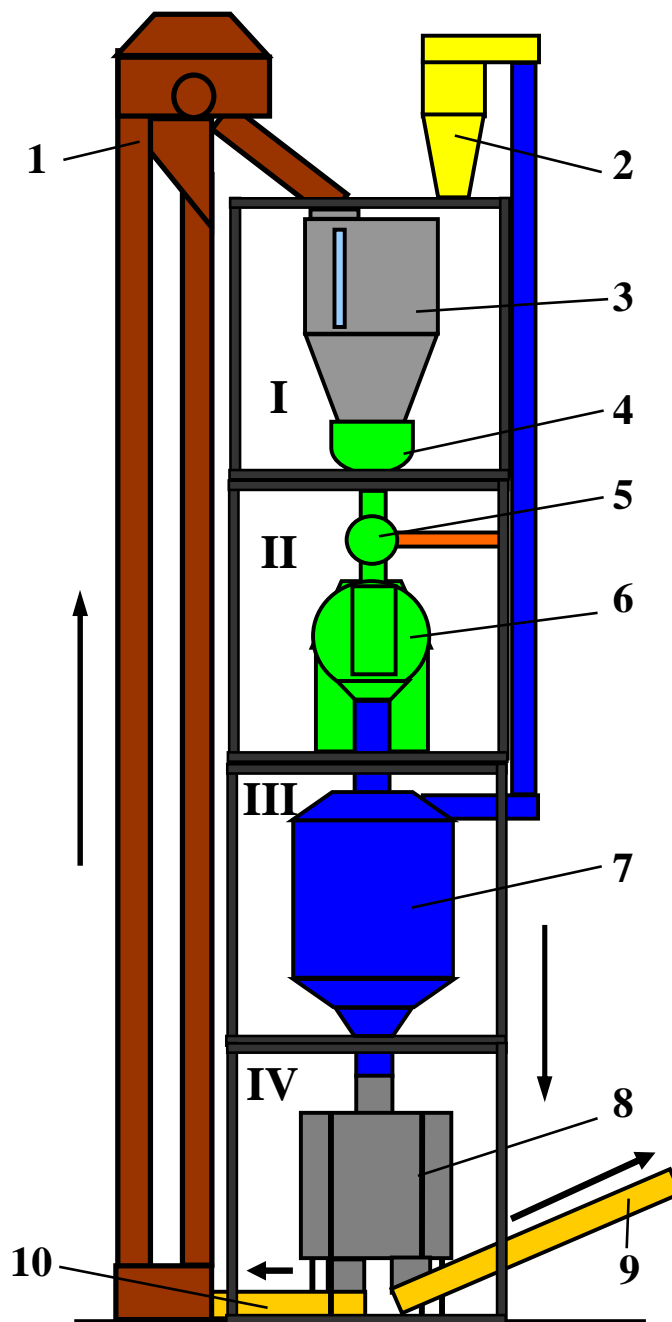


Рисунок 4 – Модульная технологическая линия производства гранулированного комбикорма для малого комбикормового завода:

I – модуль оперативного хранения и дозирования рассыпного комбикорма; II – модуль кондиционирования и гранулирования; III – модуль охлаждения гранул; IV – модуль просеивания гранул; 1 – нория; 2 – циклон; 3 – оперативный бункер; 4 – шнековый дозатор; 5 – кондиционер-смеситель; 6 – пресс-гранулятор; 7 – охладитель; 8 – просеивающая машина; 9 – ленточно-скребковый транспортер; 10 – шнековый транспортер

Линия производства гранулированного комбикорма включает следующие технологические модули (рис. 4): модуль оперативного хранения и дозирования рассыпного комбикорма I, кондиционирования (пропаривания) и гранулирования II, охлаждения гранул III, просеивания гранул IV. Каждый технологический модуль в данном случае размещается в одном конструктивном.

В ходе технологического процесса модульной линии гранулирования (рис. 4) рассыпной комбикорм из основной технологической линии поднимается норией 1 в верхний модуль оперативного хранения и дозирования I. Там он проходит через магнитный сепаратор и поступает в оперативный бункер 3, откуда равномерно подается шнековым дозатором 4 в модуль кондиционирования и гранулирования II. Там комбикорм поступает в кондиционер-смеситель 5, где увлажняется паром и интенсивно перемешивается. Обработанный рассыпной комбикорм прессуется в гранулы в пресс-грануляторе 6. В модуле охлаждения III горячие гранулы подсушиваются и охлаждаются в противоточном охладителе 7. В модуле просеивания IV гранулы сепарируются на просеивающей машине 8: кондиционные гранулы по ленточно-скребковому транспортеру 9 направляются в бункер либо на фасовочную установку, а мелкая фракция по шнековому транспортеру 10 поступает в норию 1 и направляется на повторное гранулирование.

Реконструкция малого внутрихозяйственного комбикормового завода путем интеграции в его состав технологической линии экструдирования

комбикорма осуществляется аналогично.

Важно отметить, что монтаж и пуск новой модульной технологической линии осуществляется без остановки действующего комбикормового завода, которую предусматривает его реконструкция традиционным способом.

Благодаря предлагаемому способу реконструкции, традиционный комбикормовый завод фиксированной структуры превращается в трансформируемую систему, так как конфигурация новой модульной линии может быть легко изменена. Помимо этого, в последующем в состав внутрихозяйственного комбикормового завода могут быть включены и другие модульные технологические линии, например линия предварительной подготовки сырья (очистка и др.), что позволит усовершенствовать и расширить производство комбикормов.

Заключение

Предлагаемый метод реконструкции является перспективным для применения на малых внутрихозяйственных комбикормовых заводах, так как позволяет без остановки действующего производства реорганизовать приготовление комбикорма согласно современным требованиям, повысив его качество и срок хранения. Благодаря возведению здания новой технологической линии из готовых конструктивных модулей срок строительства завода уменьшается с нескольких месяцев до нескольких недель.

Помимо улучшения качества комбикорма, реконструкция по предлагаемому методу обеспечивает повышение устойчивости и адаптируемости внутрихозяйственного производства путем преобразования его традиционной фиксированной структуры в трансформируемую, сочетающую в себе неизменяемые элементы (линия производства рассыпного комбикорма) с изменяемыми элементами (модули новой технологической линии) и имеющую потенциал для дальнейшего совершенствования и расширения.

Литература

1. Афанасьев В.А. Состояние и основные тенденции развития комбикормовой промышленности России / В.А. Афанасьев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2018. – № 51. – С. 155–160.
2. Jackson M. Factory-in-a-box – mobile production capacity on demand / M. Jackson, A. Zaman // International Journal of Modern Engineering. – 2007. – Т. 8. – № 1. – С. 12–26.
3. Jiang Z. Co-Design of Supply Chain Network and Subassembly Planning Considering the Reconfiguration of Supply Chain Structure for Factory-in-a-Box Manufacturing / Z. Jiang, H. Wang, Q. Tian, W. Guo // ASME 2018 13th International Manufacturing Science and Engineering Conference. – American Society of Mechanical Engineers, 2018. – С. V003T02A015.
4. Eijmberts P. Containerized plants as concept in feedmill design / P. Eijmberts // Australasian Milling Conference Proceedings. – 2014. – С. 1–4.
5. Модульные заводы: практические решения // Комбикорма. – 2016. – № 7–8. – С. 28–34.
6. Adamietz R. Reconfigurable and transportable container-integrated production system / R. Adamietz, T. Giesen, P. Mayer, A. Johnson, R. Bibb, C. Seifarth // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2018. – Т. 53. – С. 1–20.
7. Винограй Э.Г. Аналитические подходы к структурированию целостных образований / Э.Г. Винограй // Социогуманитарный вестник. – 2012. – № 1. – С. 128–138.
8. Винограй Э.Г. Учет системных закономерностей в инженерном мышлении и проектировании / Э.Г. Винограй // Социогуманитарный вестник. – 2014. – № 1. – С. 141–154.
9. Wasson C.S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices / C.S. Wasson. – John Wiley & Sons, 2015. – 818 с.
10. Kampker A. Methodology for the development of modular factory systems / A. Kampker, H. Voet, P. Burggraf, M. Krunke, K. Kreiskother // FAIM Conference Proceedings. – 2014. – С. 131–138.
11. Shaik A.M. Development of modular manufacturing systems – a review / A.M. Shaik, V.V.S.K. Rao, C.S. Rao // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2015. – Т. 76. – № 5–8. – С. 789–802.
12. Eilermann M. A general approach to module-based plant design / M. Eilermann, C. Post, H. Radatz, C. Bramsiepe, G. Schembecker // Chemical Engineering Research and Design. – 2018. – Т. 137. – С. 125–140.
13. O'Connor J.T. Standardization strategy for modular industrial plants / J.T. O'Connor, W.J. O'Brien, J.O. Choi // Journal of Construction Engineering and Management. – 2015. – Т. 141. – № 9. – С. 04015026.
14. Fox S. Moveable factories: How to enable sustainable widespread manufacturing by local people in regions without manufacturing skills and infrastructure / S. Fox // Technology in Society. – 2015. – Т. 42. – С. 49–60.
15. Lier S. Transformable production concepts: flexible, mobile, decentralized, modular, fast / S. Lier, D. Worsdorfer, M. Grunewald // ChemBioEng Reviews. – 2016. – Т. 3. – № 1. – С. 16–25.
16. Worsdorfer D. Real options-based evaluation model for transformable plant designs in the process industry / D. Worsdorfer, S. Lier, N. Crasselt // Journal of manufacturing systems. – 2017. – Т. 42. – С. 29–43.

References

1. Afanas'ev V.A. Sostojanie i osnovnye tendencii razvitija kombikormovoj promyshlennosti Rossii // Mekhanizacija i ehlektrifikacija sel'skogo khozjajstva. 2018. No 51. P. 155–

160.

2. Jackson M., Zaman A. Factory-in-a-box – mobile production capacity on demand // *International Journal of Modern Engineering*. 2007. Vol. 8. No 1. P. 12–26.

3. Jiang Z., Wang H., Tian Q., Guo W. Co-Design of Supply Chain Network and Sub-assembly Planning Considering the Reconfiguration of Supply Chain Structure for Factory-in-a-Box Manufacturing // *ASME 2018 13th International Manufacturing Science and Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers. 2018. P. V003T02A015.

4. Eijmberts P. Containerized plants as concept in feedmill design // *Australasian Milling Conference Proceedings*. 2014. P. 1–4.

5. Modular plants: practical decisions // *Compound Feeds Magazine*. 2016. No 7–8. P. 28–34.

6. Adamietz R., Giesen T., Mayer P., Johnson A., Bibb R., Seifarth C. Reconfigurable and transportable container-integrated production system // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2018. Vol. 53. P. 1–20.

7. Vinograj E.H.G. Analiticheskie podkhody k strukturirovaniyu celostnykh obrazovaniy // *Sociogumanitarnyj vestnik*. 2012. No 1. P. 128–138.

8. Vinograj E.H.G. Uchet sistemnykh zakonornostej v inzhenernom myshlenii i proektirovanii // *Sociogumanitarnyj vestnik*. 2014. No 1. P. 141–154.

9. Wasson C.S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices. John Wiley & Sons, 2015. 818 p.

10. Kampker A., Voet H., Burggraf P., Krunke M., Kreiskother K. Methodology for the development of modular factory systems // *FAIM Conference Proceedings*. 2014. P. 131–138.

11. Shaik A.M., Rao V.V.S.K., Rao C.S. Development of modular manufacturing systems – a review // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 76. No 5-8. P. 789–802.

12. Eilermann M., Post C., Radatz H., Bramsiepe C., Schembecker G. A general approach to module-based plant design // *Chemical Engineering Research and Design*. 2018. Vol. 137. P. 125–140.

13. O'Connor J.T., O'Brien W.J., Choi J.O. Standardization strategy for modular industrial plants // *Journal of Construction Engineering and Management*. 2015. Vol. 141. No 9. P. 04015026.

14. Fox S. Moveable factories: How to enable sustainable widespread manufacturing by local people in regions without manufacturing skills and infrastructure // *Technology in Society*. 2015. Vol 42. P. 49–60.

15. Lier S., Worsdorfer D., Grunewald M. Transformable production concepts: flexible, mobile, decentralized, modular, fast // *ChemBioEng Reviews*. 2016. Vol. 3. No 1. P. 16–25.

16. Worsdorfer D., Lier S., Crasselt N. Real options-based evaluation model for transformable plant designs in the process industry // *Journal of manufacturing systems*. 2017. Vol. 42. P. 29–43.