

DOI 10.33952/2542-0720-2020-4-24-8-19

УДК 636.085.55+721.013

Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Хлыстунов В. Ф.

ИНТЕГРАЦИЯ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В СОСТАВ ДЕЙСТВУЮЩИХ МАЛЫХ КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДОВ

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

***Реферат.** В России на малых комбикормовых заводах не используют прогрессивные технологические операции и технические средства. Поэтому возникла необходимость предложить технические и организационные решения, позволяющие быстро и без длительной остановки производства интегрировать в состав малых комбикормовых заводов новые технологические линии. Для размещения новых технологических линий оптимальны быстровозводимые здания на основе стального каркаса. Новая технологическая линия формируется как модульная структура, составными частями которой являются модули с габаритами стандартного грузового контейнера, внутри которых установлено оборудование. Целью исследования является разработка метода интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов. Формирование модульной линии для малого комбикормового завода производится на основе схемы ее технологического процесса, при этом структура линии соответствует структуре технологической схемы. Из полностью укомплектованных на предприятии-изготовителе и готовых к работе модулей формируют модульную технологическую линию. Рационально формировать модульную технологическую линию в виде «башни», этажами которой служат модули. В состав действующего малого комбикормового завода могут быть интегрированы модульные технологические линии углубленной подготовки сырья и обработки комбикорма. Сборное здание интегрируемой технологической линии размещают рядом с основным производственным корпусом действующего комбикормового завода. После размещения новую модульную линию соединяют транспортными машинами с бункерами для оперативного хранения сырья и готового продукта. Предложенный метод интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов позволит решить проблему скорого внедрения новых технических и технологических решений в производственный процесс таких предприятий.*

***Ключевые слова:** комбикормовый завод, модульная технологическая линия, модуль, интеграция, производство комбикормов, комбикорм, подготовка сырья.*

Введение

В современный период времени в Российской Федерации небольшие внутрихозяйственные комбикормовые заводы (производительность до 2 т/ч) являются отраслью промышленности, маловосприимчивой к инновациям. Технологический процесс большинства из них несовершенен, так как включает только основные операции приготовления рассыпных комбикормов [1]. В силу этого на малых внутрихозяйственных заводах отсутствуют прогрессивные технологические операции и новые машины, повышающие питательную ценность и прочие показатели качества комбикормов, а также позволяющие вводить в их состав нетрадиционные ингредиенты. Но без внедрения инноваций не представляется возможным решить задачу эффективного использования в кормопроизводстве недорогого местного сырья [2].

Малые заводы, выпускающие рассыпные комбикорма, требуют проведения реконструкции, заключающейся во введении в их состав инновационных технологических линий углубленной обработки сырья и окончательной обработки корма, позволяющих повысить его качество и срок хранения, а также подготовку новых видов кормового сырья (рисунок 1). Необходимо отметить, что такая реконструкция не будет затрагивать основную технологическую линию измельчения, дозирования и смешивания сырья, то есть приготовления рассыпного комбикорма, а будет охватывать технологические процессы углубленной подготовки сырья к смешиванию (обеззараживание, сепарация, тепловая обработка) и обработки рассыпного комбикорма (экструдирование или гранулирование).

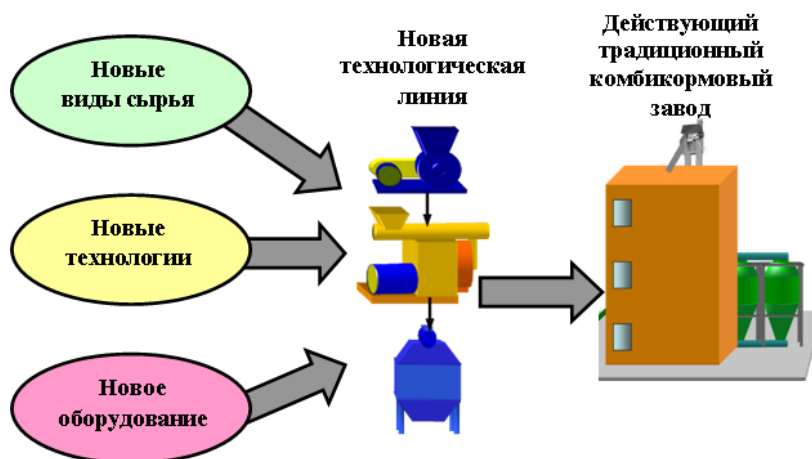


Рисунок 1 – Внедрение новых технологий и машин в комбикормовое производство посредством формирования новых технологических линий

Но реконструкция методом размещения на предприятии новых традиционных технологических линий займет длительный период времени и потребует частичной или полной остановки производства комбикормов, что неприемлемо для сельхозпредприятий. Адаптация малых комбикормовых заводов к современным требованиям должна заключаться в скорейшем внедрении новых технологических и технических решений, в том числе для использования новых видов сырья, а также гранулирования и экструдирования рассыпного комбикорма. Поэтому возникла необходимость предложить технические и организационные решения, позволяющие достаточно быстро и без длительной остановки производства интегрировать в состав малых комбикормовых заводов новые технологические линии, обеспечивающие внедрение в их технологический процесс новых прогрессивных операций и технических средств для их исполнения.

Инновационным решением является использование быстровозводимых зданий со стальным каркасом для размещения в них новых технологических линий. Основой стального каркаса является строительный элемент с габаритными размерами стандартного грузового контейнера [3]. Положительный эффект, по нашему мнению, может дать совместное использование метода создания быстровозводимых модульных зданий [4] и концепции «Фабрика в коробке» [5], то есть оформление новой технологической линии как модульной структуры – модульной производственной системы [6–8], составными частями которой являются модули с габаритами стандартного грузового контейнера, внутри которых установлено оборудование [9] (рисунок 2).

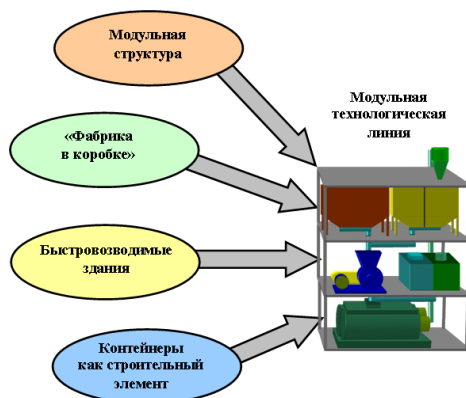


Рисунок 2 – Исходные элементы для создания модульных технологических линий

Цель исследований – разработать и обосновать метод интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов.

Материалы и методы исследований

Исследования выполняли на базе основных положений теории системного анализа и синтеза [10], адаптированных с учетом особенностей применения в инженерной сфере [11, 12]. Структура новых технологических линий была синтезирована на базе модульного принципа формирования производственных и технических систем [7, 13–16]. Использована концепция транспортабельных мини-заводов «Фабрика в коробке» («Factory-in-a-box»), поставляемых в полностью готовом к промышленной эксплуатации виде [5, 17]. Использованы результаты исследований S. Lieg и D. Worsdorfer по обоснованию и проектированию модульных трансформируемых малых промышленных предприятий [18, 19].

Результаты и их обсуждение

Модульная технологическая линия для малого комбикормового завода синтезируется на основе схемы ее технологического процесса (рисунок 3), при этом структура формируемой линии соответствует структуре технологической схемы. Входящие в состав модуля однооперационные машины подбирают таким образом, чтобы они реализовывали группу взаимосвязанных операций, причем модули располагают в той последовательности, в какой эти группы операций входят в схему технологического процесса.

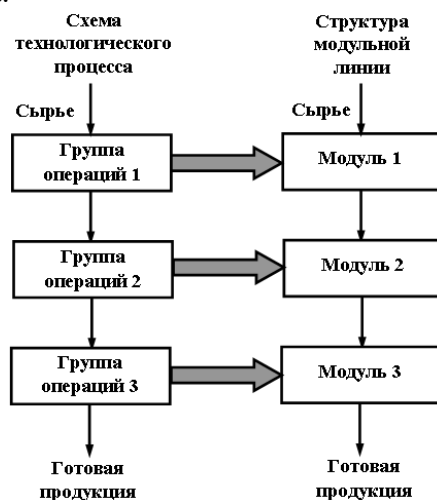


Рисунок 3 – Формирование модульной технологической линии

Модульная линия как модульная производственная система является иерархической, причем уровни ее машинной и технологической составляющих соответствуют друг другу [20] (рисунок 4).

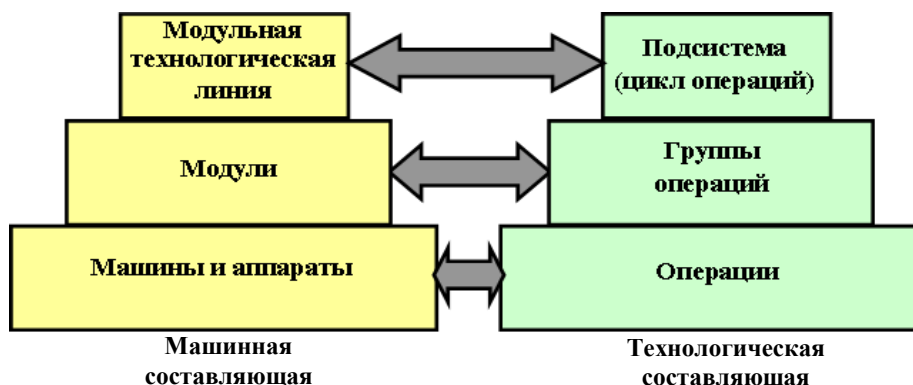


Рисунок 4 – Машинная и технологическая составляющие модульной производственной системы

Так, отдельные машины соответствуют единичным операциям, например, молотковая дробилка соответствует операции измельчения сырья. Машины, выполняющие группу связанных операций, образуют технологический модуль, например, модуль смешивания сырья. Модули соединены между собой транспортным оборудованием, также как группы операций связаны операциями транспортировки обрабатываемого в них продукта. Модули образуют технологическую линию, выполняющую законченный цикл операций и соответствующую подсистеме общей технологической системы производства комбикормов. Это означает, что новая модульная линия работает автономно и в рамках своего технологического процесса не взаимодействует с остальными линиями предприятия (технологическими подсистемами).

Модульный принцип построения создает для малых комбикормовых заводов большие возможности модернизации путем замены имеющихся модулей на модернизированные, а также добавления новых модулей и целых модульных технологических линий, значительно продлевая тем самым жизненный цикл предприятия.

Для размещения оборудования типового технологического модуля, входящего в состав производственной линии, использован стальной каркас с габаритными размерами (6 × 2,5 × 2,6 м) стандартного грузового 20-футового контейнера [21–23]. Сборку и настройку технологического модуля полностью выполняют на предприятии-изготовителе, где устанавливают машины внутри каркаса контейнера, соединяют их транспортным оборудованием, выполняют электропроводку (рисунок 5).

Модуль должен работать в едином технологическом процессе совместно с другими модулями, входящими в состав линии. Для этого все модули должны иметь стандартный интерфейс (соединительные элементы конструкции, места для подключения коммуникаций и установки межмодульного транспортного оборудования и др.), обеспечивающий их объединение для формирования модульной линии.

Из полностью укомплектованных на предприятии-изготовителе и готовых к работе модулей формируют модульную технологическую линию (рисунок 6).

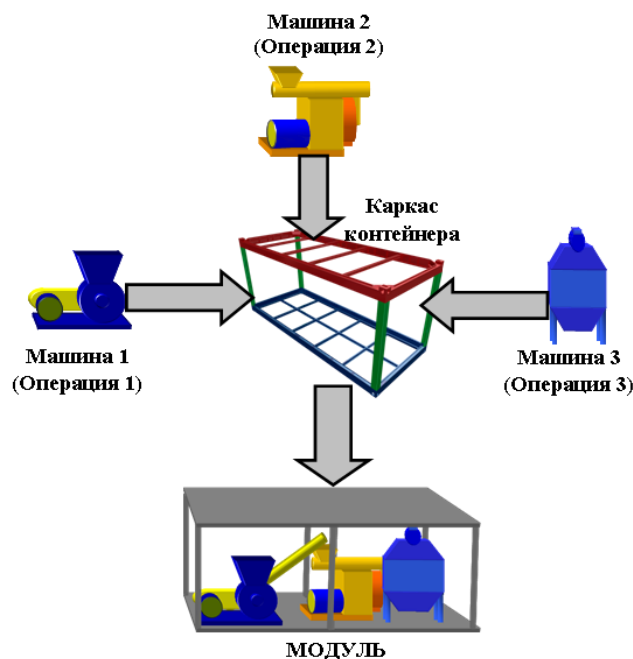


Рисунок 5 – Формирование модуля для модульной технологической линии

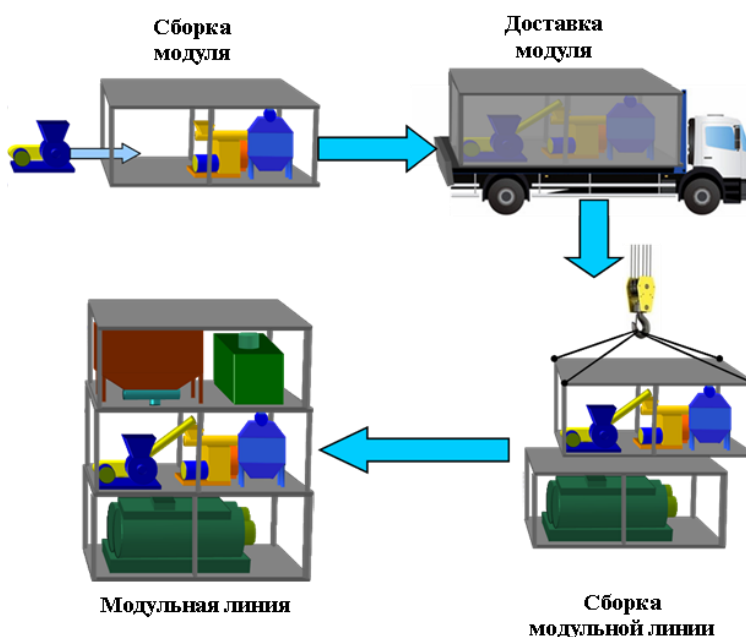


Рисунок 6 – Формирование модульной технологической линии для малого комбикормового завода

Для этого модули доставляют заказчику, где на подготовленном легком фундаменте собирают в единое каркасное здание при помощи угловых фитингов и стандартных соединительных элементов. Рационально формировать модульную технологическую линию в форме «башни», этажами которой служат модули, очередность размещения которых соответствует очередности выполнения групп операций в схеме технологического процесса. Таким образом, сырье в ходе выполнения технологического процесса вначале поднимают норией в верхний модуль линии, а затем перемещают «сверху вниз» по самотечным трубам. Монтаж такой «башни» облегчен тем, что модули имеют прочный стальной каркас, допускающий их многоуровневое размещение.

После окончания монтажа «башни» устанавливают межмодульное транспортное оборудование, соединяющее машины различных модулей в единую технологическую цепочку. Также размещают транспортные машины, соединяющие линию с внешними емкостями для хранения сырья и готового продукта. После этого модульную линию подключают к электросети и другим внешним коммуникациям. С наружной стороны здания модульной линии монтируют элементы аспирационной системы и лестницы для персонала.

Такой способ формирования новой модульной технологической линии позволяет не останавливать на период его осуществления производственный процесс на действующем комбикормовом заводе. Срок возведения новой модульной линии – не более двух недель (в зависимости от количества составляющих ее модулей).

В качестве примера на рисунке 7 показана модульная технологическая линия гранулирования комбикорма для малого комбикормового завода производительностью до 2 т/ч. В эту дополнительную линию направляют подготовленный в основной технологической линии рассыпной комбикорм для его гранулирования.

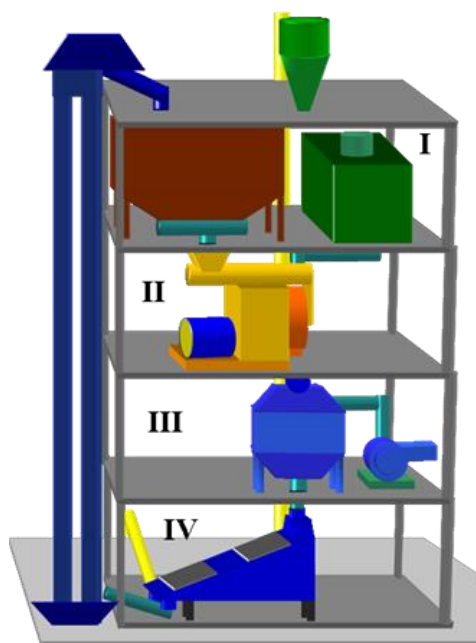


Рисунок 7 – Модульная технологическая линия гранулирования комбикорма

Примечание. Технологические модули: I – временного хранения рассыпного комбикорма; II – кондиционирования и гранулирования комбикорма; III – охлаждения гранул; IV – сепарации гранул.

Как было сказано выше, в состав действующего малого комбикормового завода могут быть интегрированы модульные технологические линии углубленной подготовки сырья и линии обработки комбикорма (рисунок 8). Технологических модульных линий подготовки сырья в составе завода может быть несколько, причем работают они параллельно, обрабатывая различные его виды и передавая для смешивания в основную линию приготовления рассыпного комбикорма. В тоже время в состав завода обычно входит лишь одна технологическая линия окончательной обработки комбикорма – гранулирования или экструдирования.

Такая производственная структура малых комбикормовых заводов создает широкие возможности для их модернизации путем добавления новых технологических линий к уже имеющейся основной. Автономность модульных

технологических линий создает возможность их легкой и быстрой интеграции в структуру существующих комбикормовых предприятий при их реконструкции. В схеме технологического процесса малого комбикормового завода новые модульные линии подготовки сырья размещают перед основной линией приготовления рассыпного комбикорма, а линия окончательной обработки комбикорма (гранулирование или экструдирование) – после нее.

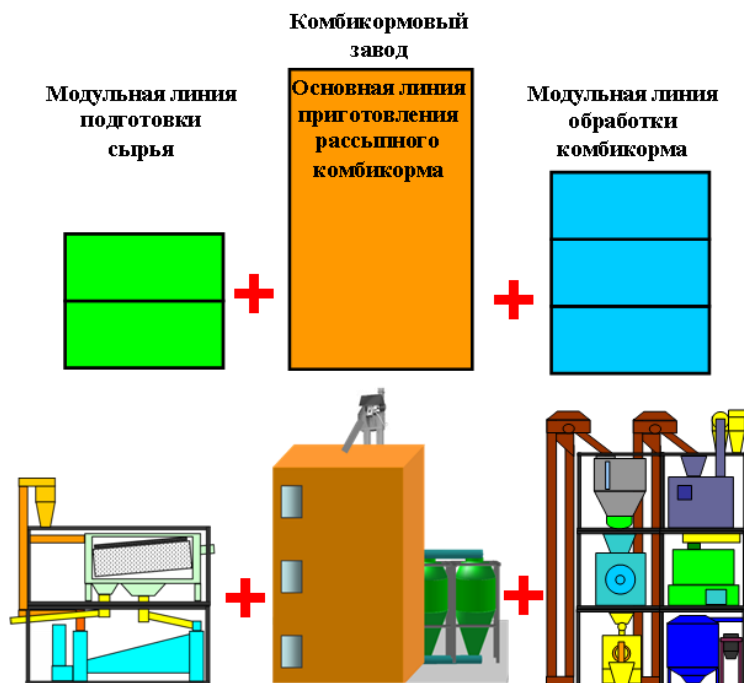


Рисунок 8 – Структура малого комбикормового завода, включающая интегрируемые модульные технологические линии

Каркасное здание интегрируемой в состав предприятия новой модульной технологической линии следует располагать рядом с основным производственным корпусом действующего малого комбикормового завода (рисунок 9).

После окончания монтажа новую модульную технологическую линию подготовки сырья соединяют транспортной машиной с емкостями для временного хранения исходного сырья. При этом необходимо решить задачу согласования производственных циклов новой дополнительной линии и действующей основной технологической линии завода. Эту задачу решают путем создания оперативного запаса подготовленного на новой линии сырья в промежуточных емкостях, откуда оно по мере необходимости транспортируется в основную технологическую линию приготовления рассыпного комбикорма.

Аналогично предыдущему способу, при интеграции новой модульной технологической линии окончательной обработки комбикорма (экструдирование или гранулирование) задачу согласования производственных циклов решают созданием оперативного запаса произведенного основной линией рассыпного комбикорма, который по мере необходимости транспортируется в технологическую линию его окончательной обработки. По завершении процесса обработки готовый гранулированный или экструдированный комбикорм направляют в бункеры для его временного хранения.

Благодаря предлагаемому способу реконструкции может быть обеспечена оптимальная интеграция дополнительной новой модульной технологической линии в состав действующего традиционного малого внутрихозяйственного

комбикормового завода. При этом пространственная схема расположения оборудования (вертикальная или горизонтальная) на действующем малом предприятии не имеет принципиального значения.

Важно отметить, что монтаж и пуск в эксплуатацию новой модульной технологической линии выполняют без остановки остальных производственных линий действующего малого внутрихозяйственного комбикормового завода. Это является ее важным преимуществом, так как реконструкция завода традиционным способом предусматривает приостановку его работы, что неприемлемо для сельхозпредприятий, имеющих животноводческие фермы.

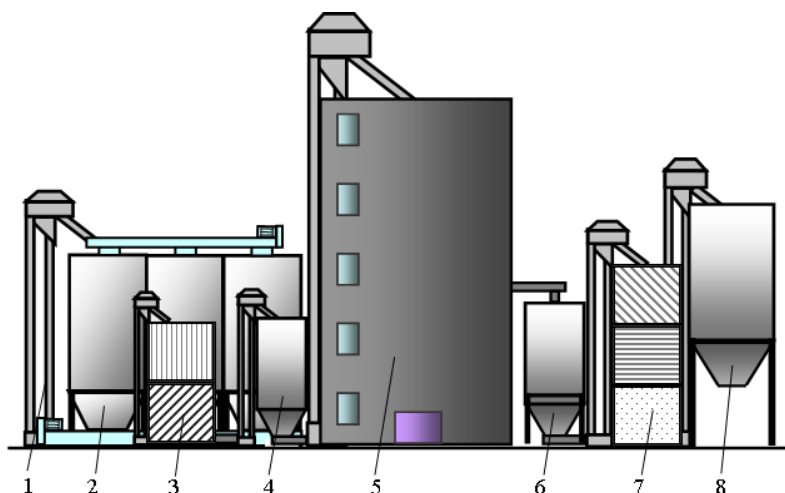


Рисунок 9 – Новые модульные технологические линии и традиционный малый комбикормовый завод, интегрированные в единое предприятие

Примечание. 1 – нория; 2 – бункер для оперативного хранения исходного сырья; 3 – модульная технологическая линия предварительной подготовки сырья; 4 – бункер для временного хранения подготовленного сырья; 5 – основной производственный корпус традиционного малого комбикормового завода (основная линия производства рассыпного комбикорма); 6 – емкость для временного хранения рассыпного комбикорма; 7 – модульная технологическая линия окончательной обработки комбикорма; 8 – бункер для временного хранения готового комбикорма.

Другим преимуществом модульных технологических линий является возможность их последующей частичной реконструкции путем добавления или замены входящих в состав линии технологических модулей.

Выводы

Предложенный метод интеграции модульных технологических линий в состав действующих малых комбикормовых заводов позволит решить проблему скорого внедрения новых технических и технологических решений в производственный процесс таких предприятий. Положительный эффект от их интеграции заключается в углубленной подготовке сырья, позволяющей повысить питательную ценность кормов; возможности введения в состав комбикормов новых видов сырья, имеющих высокую питательность и низкую себестоимость; повышении качества комбикормов и увеличении срока их хранения за счет гранулирования или экструдирования; быстрой реконструкции предприятия без остановки основного производства (рисунок 10).

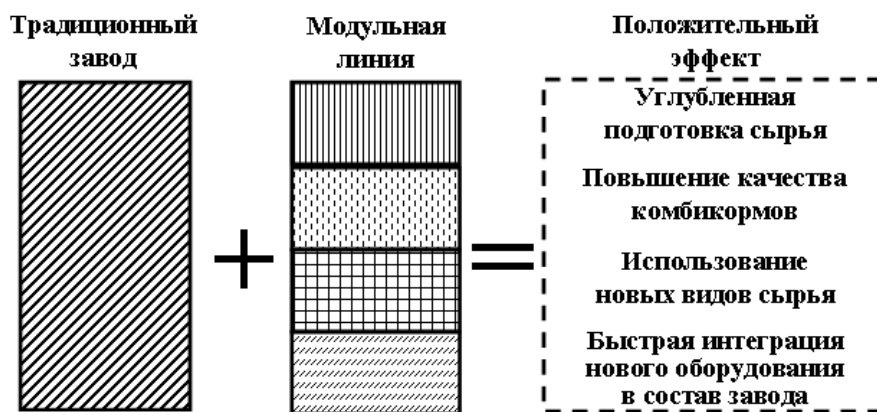


Рисунок 10 – Положительный эффект интеграции новых модульных технологических линий в состав малого комбикормового завода

Помимо приведенных выше достоинств, интеграция новых модульных технологических линий в состав предприятия обеспечивает повышение устойчивости и адаптируемости малого комбикормового завода к изменению внешних условий функционирования через преобразование его постоянной структуры в инновационную трансформируемую, сочетающую в себе как неизменяемые элементы (существующие традиционные технологические линии), так и преобразуемые (модули новой технологической линии). Комбикормовый завод, включающий модульные линии, имеет большой потенциал для дальнейшего развития и совершенствования.

Литература

1. Афанасьев В. А. Состояние и основные тенденции развития комбикормовой промышленности России // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2018. № 51. С. 155–160.
2. Сыроватка В. И., Жданова Н. В. Инновационные машинные технологии и технические средства производства комбикормов // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 2. С. 272–277.
3. Generalova E. M., Generalov V. P., Kuznetsova A. A. Modular buildings in modern construction // Procedia engineering. 2016. Vol. 153. P. 167–172.
4. Endzelis J., Dauksys M. Comparison between modular building technology and traditional construction // Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering. 2018. Vol. 2. No. 23. P. 86–95. DOI: 10.5755/j01.sace.23.2.21579.
5. Jiang Z., Wang H., Tian Q., Guo W. Co-design of supply chain network and subassembly 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. DOI: 10.1115/MSEC2018-6691.
6. 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. DOI: 10.1007/s00170-014-6289-2.
7. 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. DOI: 10.1016/j.cherd.2018.06.039.
8. Lameche K., Najid N. M., Castagna P., Kouiss K. Modularity in the design of reconfigurable manufacturing systems // IFAC-Papers OnLine. 2017. Vol. 50. No. 1. P. 3511–3516. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.939.
9. 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. DOI: 10.1016/j.rcim.2018.02.008.
10. Лившиц В. Н. Основы системного мышления и системного анализа. М.: Институт экономики РАН, 2013. 54 с.
11. Винограй Э. Г. Учет системных закономерностей в инженерном мышлении и проектировании // Социогуманитарный вестник. 2014. № 1. С. 141–154.
12. Wasson C. S. System engineering analysis, design, and development: concepts, principles, and practices. John Wiley & Sons, 2015. 818 p.

13. Kampker A., Burggraf P., Krunke M., Voet H. Deficits and solutions in the development of modular factory systems // *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*. 2015. Vol. 9. No. 11. P. 2025–2030.
14. 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.
15. 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. Vol. 31. P. 945–988.
16. Baldea M., Edgar T. F., Stanley B. L., Kiss A. A. Modular manufacturing processes: status, challenges, and opportunities // *AIChE journal*. 2017. Vol. 63. No. 10. P. 4262–4272. DOI: 10.1002/aic.15872.
17. 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.
18. Lier S., Worsdorfer D., Grunewald M. Transformable production concepts: flexible, mobile, decentralized, modular, fast // *ChemBioEng Reviews*. 2016. Vol. 3. No. 1. P. 16–25.
19. 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.
20. Levin M. S. Note on decision support platform for modular systems // *Информационные процессы*. 2019. Vol. 19. No. 2. P. 132–141.
21. Lohtander M., Aholainen A., Volotinen J., Peltokoski M., Ratava J. Location independent manufacturing – case-based blue ocean strategy // *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. P. 2034–2041. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.355.
22. Peltokoski M., Lohtander M., Volotinen J. Rationality determination of nautical miles in the LIM concept // *Proceedings of the 26th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM, 2016*. P. 1–8.
23. Модульные заводы: практические решения // *Комбикорма*. 2016. № 7–8. С. 28–34.

References

1. Afanasev V. A. Status and key trends in the development of combikormum industry of Russia // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2018. No. 51. P. 155–160.
2. Syrovatka V. I., Zhdanova N. V. Innovative machine technologies and technical facilities of mixed fodders production // *Innovations in agriculture*. 2018. No. 2 (27). P. 272–277.
3. Generalova E. M., Generalov V. P., Kuznetsova A. A. Modular buildings in modern construction // *Procedia engineering*. 2016. Vol. 153. P. 167–172.
4. Endzelis J., Dauksys M. Comparison between modular building technology and traditional construction // *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*. 2018. Vol. 2. No. 23. P. 86–95. DOI: 10.5755/j01.sace.23.2.21579.
5. Jiang Z., Wang H., Tian Q., Guo W. Co-design of supply chain network and subassembly 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. DOI: 10.1115/MSEC2018-6691.
6. 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. DOI: 10.1007/s00170-014-6289-2.
7. 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. DOI: 10.1016/j.cherd.2018.06.039.
8. Lameche K., Najid N. M., Castagna P., Kouiss K. Modularity in the design of reconfigurable manufacturing systems // *IFAC-Papers OnLine*. 2017. Vol. 50. No. 1. P. 3511–3516. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.939.
9. 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. DOI: 10.1016/j.rcim.2018.02.008.
10. Livshits V. N. Fundamentals of system thinking and system analysis. Moscow: Institute of economy of RAS, 2013. 54 p.
11. Vinogray E. G. The accounting of system regularities in engineering thinking and design // *Sotsiogumanitarnyy vestnik*. 2014. No. 1. P. 141–154.
12. Wasson C. S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices. John Wiley & Sons, 2015. 818 p.
13. Kampker A., Burggraf P., Krunke M., Voet H. Deficits and solutions in the development of modular factory systems // *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*. 2015. Vol. 9. No. 11. P. 2025–2030.
14. 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.
15. 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. Vol. 31. P. 945–988.
 16. Baldea M., Edgar T. F., Stanley B. L., Kiss A. A. Modular manufacturing processes: status, challenges, and opportunities // AIChE journal. 2017. Vol. 63. No. 10. P. 4262–4272. DOI: 10.1002/aic.15872.
 17. 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.
 18. Lier S., Worsdorfer D., Grunewald M. Transformable production concepts: flexible, mobile, decentralized, modular, fast // ChemBioEng Reviews. 2016. Vol. 3. No. 1. P. 16–25.
 19. 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.
 20. Levin M. S. Note on decision support platform for modular systems // Information processes. 2019. Vol. 19. No. 2. P. 132–141.
 21. Lohtander M., Aholainen A., Volotinen J., Peltokoski M., Ratava J. Location independent manufacturing – case-based blue ocean strategy // Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 11. P. 2034–2041. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.355.09.
 22. Peltokoski M., Lohtander M., Volotinen J. Rationality determination of nautical miles in the LIM concept // Proceedings of the 26th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2016. P. 1–8.
 23. Modular plants: practical decisions // Kombikorma. 2016. No. 7–8. P. 28–34.

UDC 636.085.55+721.013

Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N., Khlystunov V. F.

INTEGRATION OF MODULAR PROCESSING LINES INTO COMPOSITION OF OPERATING SMALL-SCALE FORMULA-FEED PLANTS

Summary. *In Russia, small-scale formula-feed plants do not use progressive manufacturing operations and hardware. There is, therefore, a need to offer the technical and organizational solutions creating an opportunity quickly and without the long-term interruption of production to integrate new processing lines into the composition of small-scale formula-feed plants. Prefabricated buildings based on a steel frame are optimum for placement of new processing lines. The new processing line is created as a modular structure, the components of which are modules with the dimensions of a standard cargo container, inside which the equipment is installed. The research is aimed at developing methods for modular processing lines integration into the composition of operating small-scale formula-feed plants. Formation of the modular line for a small-scale formula-feed plant is made on the basis of its process chart, while the structure of the line corresponds to the structure of the process chart. The modular processing line is created from modules fully completed by the manufacturer and ready for operation. Based on the work carried out, we concluded that the more efficient form of a modular processing line is a tower, the floors of which are modules. Modular processing lines of careful raw materials preparation and formula-feed processing can be integrated into the composition of operating small-scale formula-feed plant. The prefabricated building of an additional processing line is placed near the main production building of the existing formula-feed plant. The new modular line is connected by transport machines to bunkers for the operational storage of raw materials and ready-made products. The introduced method of modular processing lines integration into the composition of operating small-scale formula-feed plants will allow solving a problem of rapid implementation of new technical and technology solutions in the production of such enterprises.*

Keywords: *formula-feed plant, modular processing line, module, integration, formula-feed manufacturing, formula-feed, raw material preparation.*

Брагинец Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: sbraginet@mail.ru.

Бахчевников Олег Николаевич, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: oleg-b@list.ru.

Хлыстунов Виктор Федорович, доктор технических наук, ученый секретарь структурного подразделения «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”», 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: vniptim@gmail.com.

Braginets Sergey Valerievich, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the Department of vegetable feedstock processing, structural unit SKNIIMESH, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: braginet@mail.ru.

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Cand. Sc. (Tech.), researcher of the Department of vegetable feedstock processing, structural unit SKNIIMESH, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: oleg-b@list.ru.

Khlystunov Viktor Fedorovich, Dr. Sc. (Tech.), academic secretary of structural unit SKNIIMESH, SSE “Agricultural research center «Donskoy»”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: vniptim@gmail.com.

Дата поступления в редакцию – 14.07.2020.

Дата принятия к печати – 01.10.2020.