

УДК 636.085.55+721.01

UDC 636.085.55+721.01

05.20.00 Процессы и машины  
агроинженерных систем

Processes and machines of agroengineering systems

**АДАПТАЦИЯ ТИПОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЛЯ МАЛОГО ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМБИКОРМОВОГО ЗАВОДА**

**STANDARD MANUFACTURING SCHEME ADAPTATION FOR A SMALL-SCALE INTRAECONOMIC MIXED FODDER PLANT**

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

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich  
Cand.Tech.Sci., Scientific worker  
SPIN-code: 3350-9055  
ORCID: 0000-0002-3362-5627  
ResearcherID: S-3312-2016  
Scopus Author ID: 57202648620  
[oleg-b@list.ru](mailto:oleg-b@list.ru)

Брагинец Сергей Валерьевич  
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник  
РИНЦ SPIN-код: 4849-0287  
ORCID: 0000-0001-7137-5692  
Scopus Author ID: 57202639521  
[sbraginets@mail.ru](mailto:sbraginets@mail.ru)  
*ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия*

Braginets Sergey Valereyovich  
Cand.Tech.Sci., Leading scientific worker  
SPIN-code: 4849-0287  
ORCID: 0000-0001-7137-5692  
Scopus Author ID: 57202639521  
[sbraginets@mail.ru](mailto:sbraginets@mail.ru)  
*Agricultural Scientific Centre Donskoy, Zernograd, Russia*

Объектом исследования являлись методы адаптации типовых технологических схем для малых внутрихозяйственных комбикормовых заводов. Типовая технологическая схема адаптируется для конкретного завода методом исключения ненужных в данной конфигурации дополнительных технологических модулей, либо в их замене на другие модули, позволяющие добиться требуемого уровня качества обработки сырья или комбикорма путем замены имеющихся технологических операций на более совершенные, а также в добавлении в схему новых модулей. Разработан алгоритм адаптации типовой технологической схемы производства комбикормов для внутрихозяйственного завода, позволяющий максимально учесть при проектировании специфические условия и потребности конкретного сельхозпредприятия. Применение адаптированных модульных технологических схем на проектируемых малых комбикормовых заводах позволит значительно повысить питательную ценность и биологическую безопасность производимых комбикормов

The research object are methods of standard manufacturing schemes adaptation for small-scale intraeconomic mixed fodder plants. The standard manufacturing scheme adapts for specific plant by process of elimination of unnecessary additional technological modules in this configuration, or in their changeover by other modules allowing to achieve the required quality level of processing of raw materials or compound feed by changeover of the available technological operations by more perfect and also in adding in the scheme of new modules. The adaptation algorithm of the standard manufacturing scheme for production the compound feeds is developed for the intraeconomic plant. The algorithm creates an opportunity as much as possible to consider specific conditions and needs of specific agricultural enterprise in case of design. Application of the adapted modular technological circuits on the designed small-scale formula-feed plants will allow to increase considerably nutritional value and biological safety of the produced compound feeds

Ключевые слова: КОМБИКОРМ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, ПОДСИСТЕМА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ, АДАПТАЦИЯ, ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД

Keywords: COMPOUND FEED, MANUFACTURING SCHEME, SUBSYSTEM, TECHNOLOGICAL MODULE, ADAPTATION, INTRAECONOMIC ENTERPRISE, MIXED FODDER PLANT

Doi: 10.21515/1990-4665-141-004

### Введение

В настоящее время актуально создание в сельхозпредприятиях малых комбикормовых заводов для обеспечения ферм полнорационными кормами собственного производства [1, 2]. Однако, как показал проведенный анализ, отсутствуют специфические методы технологического проектирования таких предприятий [3], учитывающие особенности внутрихозяйственного производства комбикормов малой мощности.

Чаще всего проектировщики используют без изменений типовые проекты комбикормовых заводов требуемой мощности, ограничиваясь лишь привязкой их строительной части к существующей площадке и коммуникациям. Такой подход приводит к появлению многочисленных единообразных предприятий, плохо адаптированных к местным условиям и неудовлетворяющих индивидуальным требованиям сельхозпредприятий - заказчиков. Таким образом, фактически происходящая стандартизация малых комбикормовых заводов вступает в противоречие с тенденцией индивидуализации производства кормов, особенно необходимой для различных сельхозпредприятий с их разнообразными местными условиями [4].

Индивидуализация производства комбикормов согласно потребностям конкретного сельхозпредприятия требует, в первую очередь, адаптации типовой технологической схемы [5]. Такая адаптация заключается в приспособлении типовой технологии к специфическим требованиям к качеству подготовки компонентов, т.е. введении в нее дополнительных операций, улучшающих качество кормов, а также к наличию или отсутствию в хозяйстве определенных видов сырья.

К сожалению, в отечественной научной литературе отсутствуют исследования, посвященные этому вопросу. В зарубежных научных изданиях публикуются работы, посвященные оптимизации (включая и адаптацию)

существующих типовых технологий [6, 7, 8]. Но эти исследования носят обобщенный характер и не учитывают специфику внутрихозяйственного производства комбикормов

Целью работы является разработка метода адаптации типовых технологических схем производства комбикормов при проектировании конкретного внутрихозяйственного малого комбикормового завода.

### **Методика**

Объектом исследования являлись методы адаптации типовых технологических схем для малых внутрихозяйственных комбикормовых заводов (производительность 0,5-2 т/ч) при их проектировании. Исследования проводились с использованием методов системного анализа и синтеза [9], адаптированных для применения в инженерной сфере [10, 11]. Формирование структуры технологического процесса малого комбикормового предприятия производилось на основе модульного принципа построения производственных систем [12, 13, 14].

### **Результаты исследований**

При технологическом проектировании модульных внутрихозяйственных предприятий по производству комбикормов рационально использовать в качестве основы типовые технологические схемы, обеспечивающие производительность 0,5-2 т/ч и содержащие минимальный набор основных операций приготовления рассыпного комбикорма из ограниченного числа наименований сырья (рис. 1). Они включают базовые технологические подсистемы, содержащие основные операции подготовки сырья и смешивания различных его видов.

Помимо этого были разработаны дополняющие их технологические схемы (подсистемы) особой подготовки сырья (обеззараживание, микронизация и др.), производства полуфабрикатов (экструдаты, премиксы) и окончательной обработки рассыпного комбикорма (гранулирование). В качестве примера приведена схема технологической подсистемы пригото-

ления премикса – смеси микрокомпонентов (витамины, минералы, ферменты) с наполнителем (рис. 2).

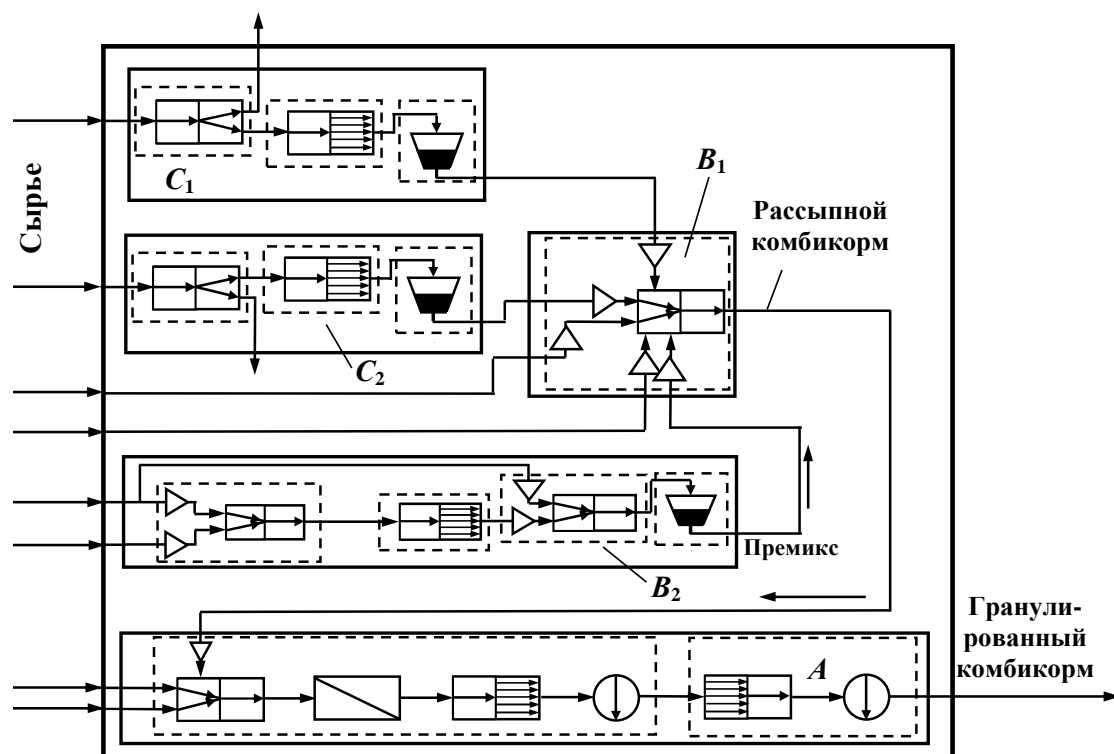


Рисунок 1 – Типовая технологическая схема внутрихозяйственного производства комбикормов, содержащая базовые подсистемы (модули):

Технологические подсистемы (модули):  $C_1$  – подготовки зернового сырья;  $C_2$  – подготовки белково-минерального сырья;  $B_1$  – дозирования и смешивания сырья;  $B_2$  – приготовления премикса;  $A$  – гранулирования комбикорма

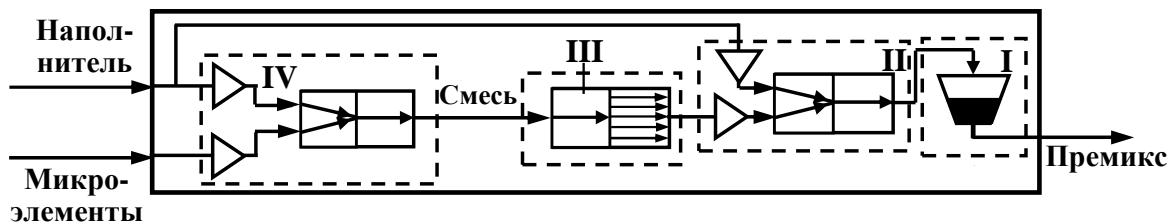


Рисунок 2 – Технологическая подсистема (модуль) приготовления премикса:

Технологические операции: I – промежуточное хранение, II – дозирование и смешивание предварительной смеси с наполнителем, III – нормализация

предварительной смеси, IV – дозирование и смешивание микроэлементов с наполнителем

Важной особенностью разработанных дополнительных подсистем (модулей) является то, что они являются автономными, т.е. в рамках технологического процесса самостоятельно осуществляют комплекс входящих в них взаимосвязанных технологических операций, не взаимодействуя при их выполнении с другими подсистемами. Это свойство делает структуру технологической системы комбикормового предприятия открытой, что позволяет производить ее поэтапное совершенствование, легко добавлять автономные подсистемы в общую технологическую систему производства комбикорма или удалять их, не нарушая целостности системы (кроме неизменной базовой подсистемы смешивания сырья).

Разработанные базовые и дополнительные подсистемы являются технологическими модулями общей технологической системы внутрихозяйственного производства комбикорма. Таким образом, структура технологического процесса производства комбикорма является модульной. Это позволяет легко адаптировать типовую технологическую схему производства рассыпного комбикорма (рис. 1) для проектирования конкретного внутрихозяйственного предприятия согласно требованиям заказчика и местным условиям. Как правило, такая адаптация производится путем добавления к имеющимся дополнительным технологическим модулям (подсистемам) новых, позволяющих усовершенствовать обработку сырья и производство комбикорма.

Выбранную типовую технологическую схему производства комбикормов, как правило, необходимо адаптировать для конкретного внутрихозяйственного предприятия. Адаптация типовой технологической схемы заключается в ее трансформации путем исключения ненужных в данной конфигурации дополнительных технологических модулей (подсистем), либо их замены на другие модули, позволяющие добиться требуемого

уровня качества обработки сырья или комбикорма путем замены имеющихся технологических операций на более совершенные, а также в добавлении в схему новых дополнительных модулей (рис. 3).

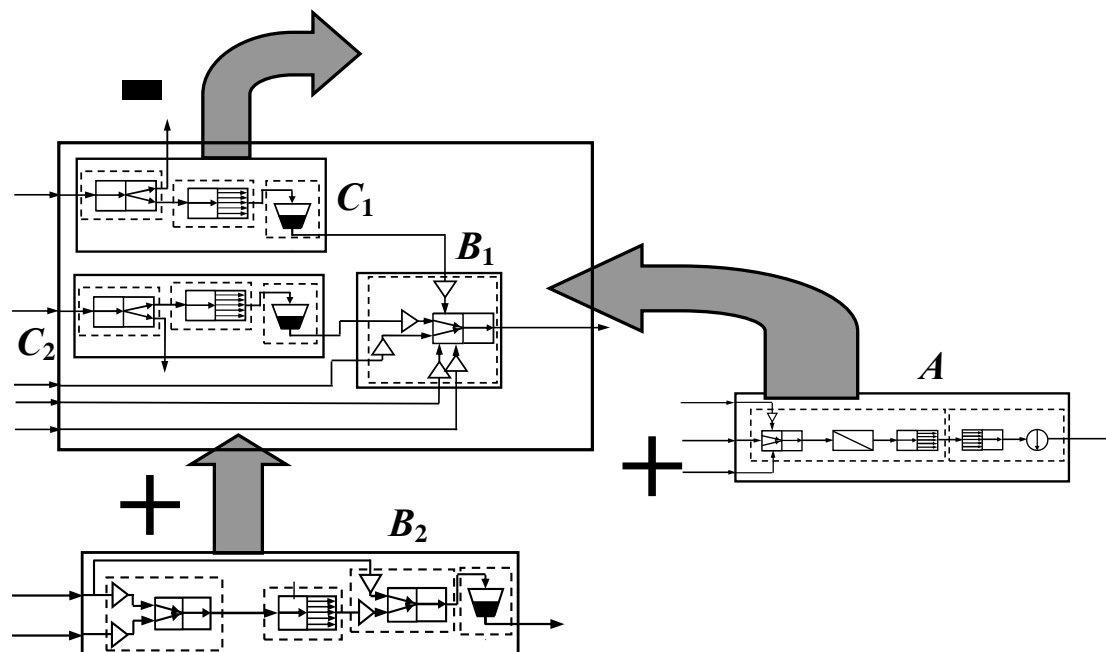


Рисунок 3 – Адаптация типовой технологической схемы производства комбикорма для конкретного внутрихозяйственного предприятия

Для замены или добавления используются типовые дополнительные технологические модули (подсистемы), разработанные ранее и входящие в существующую номенклатуру. Следует отметить, что центральный базовый модуль технологической схемы (модуль дозирования и смешивания компонентов комбикорма) остается неизменным при любом изменении ее конфигурации.

Основными факторами, влияющими на принятие решения об изменении исходной типовой технологической схемы, являются наличие или отсутствие в сельхозпредприятии определенных видов сырья, особые требования заказчика к его обработке (например, необходимость предварительного обеззараживания), необходимость приготовления в ходе производственного процесса полуфабрикатов (экструдаты, премиксы), а также

требования к окончательной обработке комбикорма (необходимость его гранулирования).

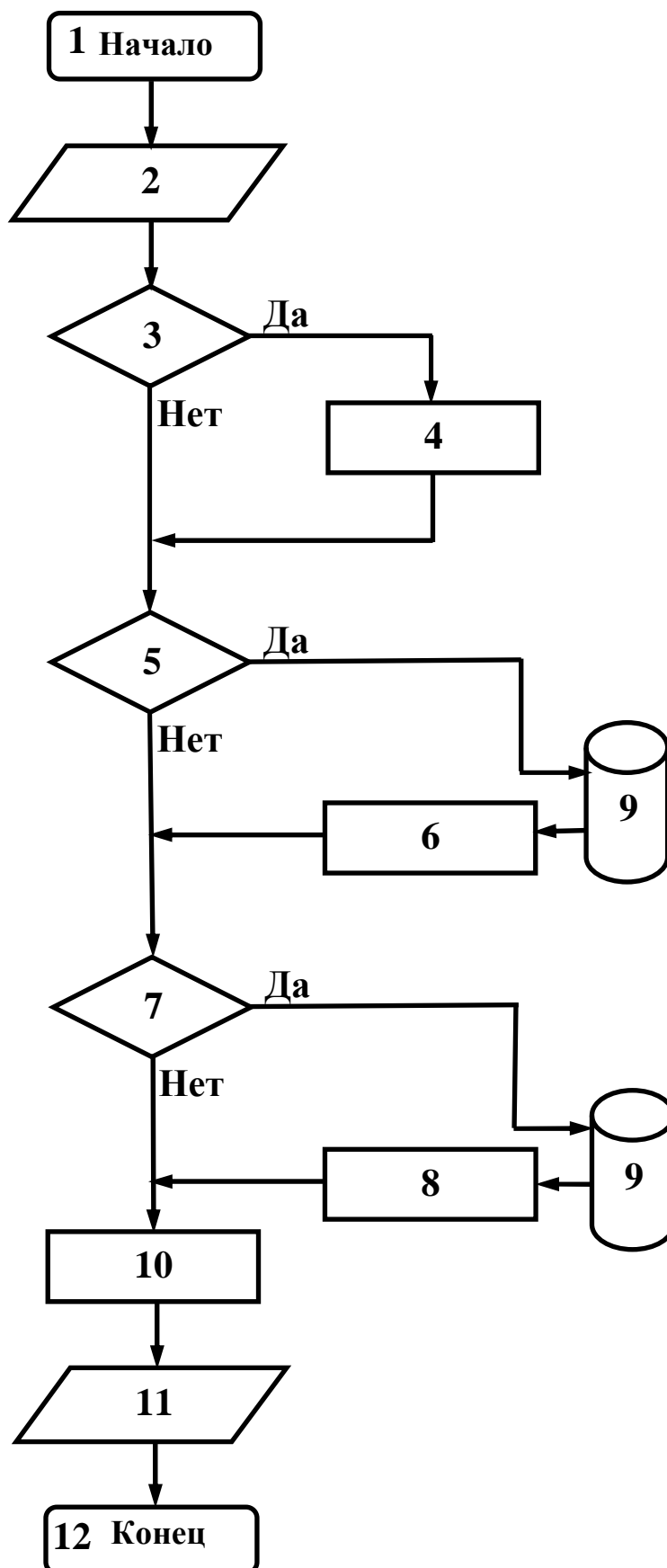


Рисунок 4 – Алгоритм адаптации типовой технологической схемы производства комбикормов для конкретного внутрихозяйственного завода

Процесс адаптации типовой технологической схемы для малого внутрихозяйственного комбикормового завода выполняется согласно разработанному алгоритму, представленному на рис. 4.

Алгоритм адаптации типовой технологической схемы производства комбикормов для конкретного модульного внутрихозяйственного предприятия включает следующие элементы: 1) начало; 2) ввод исходных данных для адаптации (наличие видов сырья, требования, предъявляемые заказчиком); 3) необходимо ли удаление технологических модулей из технологической схемы? 4) удаление технологического модуля из технологической схемы; 5) необходима ли замена технологических модулей в технологической схеме? 6) замена технологических модулей в технологической схеме; 7) необходимо ли добавление технологических модулей в технологическую схему? 8) добавление технологических модулей в технологическую схему; 9) база данных (номенклатура) типовых технологических модулей; 10) окончательное оформление адаптированной технологической схемы производства комбикормов; 11) выходные данные (адаптированная технологическая схема); 12) конец.

В процессе выполнения данного алгоритма проектировщик, на основании анализа исходных данных, вначале определяет, необходимо ли исключить какие-либо дополнительные модули (технологические подсистемы) из типовой технологической схемы (элемент 3) и, в случае необходимости, удаляет их из нее (элемент 4). Затем он определяет необходимость замены содержащихся в типовой технологической схеме модулей (подсистем) на другие модули, позволяющие усовершенствовать процесс обработки сырья и повысить его качество (элемент 5). Такая необходимость возникает обычно при наличии у заказчика повышенных требований к качеству обработки сырья и приготовления комбикорма, которые невозмож-



но удовлетворить при использовании содержащихся в типовой технологической схеме модулей. Для поиска подходящего модуля проектировщик обращается к базе данных (номенклатуре) типовых технологических модулей (элемент 9). При наличии в базе такого модуля производится замена (элемент 6). При наличии в сельхозпредприятии специфических видов сырья или дополнительных требований к его обработке, а также необходимости окончательной обработки (гранулирования) рассыпного комбикорма также возникает необходимость включения в технологическую схему дополнительных модулей (элемент 7). В этом случае проектировщик выбирает из базы данных (номенклатуры) типовых технологических модулей (элемент 9) необходимые модули и добавляет их в технологическую схему предприятия (элемент 8). В завершении производится окончательное оформление адаптированной технологической схемы производства комбикормов (элемент 10), в ходе которого уточняются связи и взаимное расположение ее подсистем (модулей).

Результатом выполнения алгоритма (рис. 4) будет адаптированная к условиям и потребностям конкретного сельхозпредприятия модульная технологическая схема внутрихозяйственного производства комбикорма.

### **Заключение**

Наличие заранее разработанных дополнительных технологических подсистем (модулей) позволит сократить сроки и трудоемкость технологического проектирования малых внутрихозяйственных комбикормовых предприятий, увеличит количество возможных вариантов построения схем их технологического процесса, что повысит степень адаптации к местным условиям функционирования. Применение разработанного алгоритма значительно облегчит процесс адаптации типовых технологических схем приготовления комбикормов к нуждам и потребностям конкретного сельхозпредприятия.

Применение адаптированных модульных технологических схем на проектируемых малых комбикормовых заводах позволит значительно повысить питательную ценность и биологическую безопасность производимых комбикормов и, как следствие, продуктивность сельскохозяйственных животных и качество продукции животноводства, обеспечив формирование научно обоснованной комплексной системы внутрихозяйственного производства полнорационных комбикормов на базе использования преимущественно местного сырья.

### Литература

1. Пахомов В.И. Проектирование внутрихозяйственных комбикормовых предприятий / В.И. Пахомов // Комбикорма. 2005. № 2. С. 35-36.
2. Мишуров Н.П. Рекомендуемые технологии производства комбикормов в хозяйствах / Н.П. Мишуров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2015. № 4. С. 6-14.
3. Сборщиков С.Б. Организационно-технологическое проектирование: вопросы нормативной документации / С.Б. Сборщиков, Я.В. Жаров // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 223-226.
4. Сыроватка В.И. Перспективные направления технологического развития сельскохозяйственной системы производства комбикормов / В.И. Сыроватка, Н.П. Мишуров // В сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2016». ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. С. 29-34.
5. Сыроватка В.И. Перспективные технологии производства комбикормов / В.И. Сыроватка // Зоотехния. 2016. № 10. С. 7-12.
6. Caballero J.A. An algorithm for the use of surrogate models in modular flowsheet optimization / J.A. Caballero, I.E. Grossmann // AIChE journal. 2008. Т. 54. № 10. С. 2633-2650.
7. Jayal A.D. Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels / A.D. Jayal, F. Badurdeen, O.W. Dillon Jr, I.S. Jawahir // CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 2010. Т. 2. № 3. С. 144-152.
8. Klemes J. Sustainability in the process industry: integration and optimization (Green Manufacturing & Systems Engineering) / J. Klemes, F. Friedler, I. Bulatov, P. Varbanov. – New York: McGraw-Hill Professional, 2010. 385 с.
9. Винограй Э.Г. Аналитические подходы к структурированию целостных образований / Э.Г. Винограй // Социогуманитарный вестник. 2012. № 1. С. 128-138.
10. Винограй Э.Г. Учет системных закономерностей в инженерном мышлении и проектировании / Э.Г. Винограй // Социогуманитарный вестник. 2014. № 1. С. 141-154.
11. Wasson C.S. System engineering analysis, design, and development: Concepts, principles, and practices / C.S. Wasson. – John Wiley & Sons, 2015. 818 с.
12. Kampker A. Methodology for the development of modular factory systems / A. Kampker, H. Voet, P. Burggraf, M. Krunke, K. Kreisköther // FAIM Conference Proceedings. 2014. С. 131-138.
13. 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. T. 76. № 5-8. C. 789-802.

14. 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. T. 137. C. 125-140.

### References

1. Pakhomov V.I. Proektirovanie vnutrihozyajstvennyh kombikormovyh predpriyatij. Kombikorma, 2005, No. 2, pp. 35–36.

2. Mishurov N.P. Rekomenduemye tekhnologii proizvodstva kombikormov v hozyajstvah. Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva, 2015, No. 4, pp. 6-14.

3. Sborshchikov S.B., Zharov JA.V. Organizacionno-tekhnologicheskoe proektirovanie: voprosy normativnoj dokumentacii. Nauchnoe obozrenie, 2014, No. 1, pp. 223-226.

4. Syrovatka V.I., Mishurov N.P. Perspektivnye napravleniya tekhnologicheskogo razvitiya sel'skokhozyajstvennoj sistemy proizvodstva kombikormov. Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK. Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Informagro-2016, FGBNU Rosinformagrotekh, 2016, pp. 29-34.

5. Syrovatka V.I. Perspektivnye tekhnologii proizvodstva kombikormov. Zootehnija, 2016, No. 10, pp. 7-12.

6. Caballero J.A., Grossmann I.E. An algorithm for the use of surrogate models in modular flowsheet optimization. AIChE journal, 2008, Vol. 54, No. 10, pp. 2633-2650.

7. Jayal A.D., Badurdeen F., Dillon Jr O.W., Jawahir I.S. Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2010, Vol. 2, No. 3, pp. 144-152.

8. Klemes J., Friedler F., Bulatov I., Varbanov P. Sustainability in the process industry: integration and optimization (Green Manufacturing & Systems Engineering). McGraw-Hill Professional, New York, 2010, 385 p.

9. Vinograj E.H.G. Analiticheskie podkhody k strukturirovaniyu celostnykh obrazovaniy. Sociogumanitarnyj vestnik, 2012, No. 1, pp. 128-138.

10. Vinograj E.H.G. Uchet sistemnyh zakonomernostej v inzhenernom myshlenii i proektirovanii. Sociogumanitarnyj vestnik, 2014, No. 1, pp. 141-154.

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

12. Kampker A., Voet H., Burggraf P., Krunke M., Kreiskother K. Methodology for the Development of Modular Factory Systems. FAIM Conference Proceedings, 2014, pp. 131-138.

13. 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, pp. 789-802.

14. 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, pp. 125-140.