

УДК 007

Чохонелидзе Александр Николаевич

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»
Россия, Тверь¹
Доктор технических наук, профессор
a444595@pochta.ru

Форгор Лемпого

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»
Россия, Тверь
Аспирант
Ганский университет технологии
Преподаватель
forlemgo@yahoo.co.nz

Виллиам Браун-Аквей

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»
Россия, Тверь
Аспирант
Ганский университет технологии
Преподаватель
wbrownacquaye@hotmail.com

Моделирование процессов в какао-промышленности

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы применения технологий компьютерно-интегрированного производства в процессе производства и переработки какао. Предлагается эталонная модель компьютерно-интегрированного производства для процесса переработки какао. Она состоит из концептуальной модели, модели управления, модели интеграции данных и модели процесса. Модель процесса основана на методе функционального моделирования (метод описания интеграций IDEF) и включает функциональные модели для различных подпроцессов, таких как послеуборочная обработка, производство полуфабрикатов какао (какао-масло и порошок), производство шоколада и шоколадных изделий, производство растворимого какао-порошка. Разработанная модель может служить эталоном для проектирования новых процессов и использоваться в качестве основы для реорганизации бизнес-процессов. Она также может быть инструментом поддержки в планировании, оперативном управлении и организации производства какао.

Ключевые слова: какао; моделирование; процесс; эталонная модель; производство; CIM; IDEF; Концептуальное моделирование; функциональное моделирование.

¹ Проспект Ленина, дом 25, город Тверь

Введение

Компания по переработке и производству какао является сложной, динамичной и стохастической системой, состоящей из ряда взаимосвязанных подсистем, взаимодействующих между собой таким образом, чтобы вся система работала эффективно и приносила прибыль. Трудоёмкость и сложность работы таких предприятий проистекает из гетерогенной среды (как аппаратного, так и программного обеспечения), огромных потоков данных и неопределенности внешней среды [(Григорьев, Берзин, & Чохонелидзе, 2002; Chen , Yushun , & Deyun, 2001)1,2]. Процесс усугубляется сложностью структуры и взаимозависимостью её подсистем.

Сегодня компании, перерабатывающие какао, как и любые другие компании пищевой промышленности, сталкиваются с жёсткой конкуренцией на рынке сбыта и претерпевают значительные изменения в производственных процессах и стратегиях производства (Shaw, 2000) [4]. Для выживания любой отрасли промышленности на мировом рынке в условиях конкуренции производственным компаниям приходится быть гибкими, адаптивными, мобильными, дальновидными и активными, чтобы быть в состоянии производить широкий ассортимент продукции за короткое время и с наименьшими затратами [3] (Nagalingam & Lin, 1999), т.е. снижать затраты на производство, поддерживая высокие стандарты качества; управлять производством технически сложных скоропортящихся продуктов с кратковременным сроком доставки; заниматься изготовлением продукции по техническим условиям заказчика; а также решать проблему отсутствия квалифицированных рабочих. Как следствие, возникает необходимость постоянно приспосабливаться к быстро меняющемуся рынку и новым технологиям, применяемым конкурентами. Компаниям, работающим в отрасли, следовательно, необходимо увеличивать автоматизацию своих производственных процессов, чтобы завоевать и сохранить свою конкурентоспособность [3] (Nagalingam & Lin, 1999). Это требует изменения и модернизации традиционных организационных структур. Применение методов компьютерно-интегрированного производства в данной отрасли – один из возможных способов минимизации возникающих проблем.

Компьютерно-интегрированное производство (КИП)

Хотя не существует точного определения для КИП, почти все авторы соглашаются, что настоящее КИП должно охватывать практически все производственные составляющие компании. Это могут быть системы автоматизированного проектирования (САД), системы автоматизированного производства (САМ), автоматизированная технологическая подготовка производства (САПП), системы автоматизированного технологического процесса (САЕ), системы автоматизированного контроля качества (САК), системы планирования материальных ресурсов (МРП), планирования мощностей, учета затрат и т.д. (см. рис. 2.1). «КИП – это применение компьютерной науки и техники на предприятии с целью предоставления необходимой информации в нужное время и в нужном месте, что позволяет достичь производственных и коммерческих целей» (Ayres, 1991; Chen , Yushun , & Deyun, 2001) [5, 2].

КИП служит основой для использования компьютеров в управлении предприятием и бизнесом на различных уровнях детализации посредством интеграции различных компонентов производственного процесса с целью достижения следующих преимуществ [5, 6, 7] (Ayres, 1991; Moin, Naque, & Mahabubuzzaman, 2010; Tariq & Khan, 2004):

- Упрощение технологических процессов, моделирования и оформления продукции, организации производства как наиболее важных принципов автоматизации и интеграции;

- Автоматизация производственных и коммерческих процессов посредством использования компьютеров, технологических машин и роботов;
- Интеграция всех производственных и вспомогательных процессов посредством компьютерных сетей, многофункциональных бизнес-приложений, а также других информационных технологий;
- Создание подлинно интерактивной системы, которая позволила бы производственным подразделениям осуществлять связь с другими функциональными подразделениями.
- Обеспечение точной информацией и контроль над промышленным предприятием или субподрядными производственными объектами, расположенными на территории предприятия или других площадках.

Внедрение КИП обеспечит компании конкурентное преимущество при разработке, реализации и распределении продукции на рынке, а также при планировании и контроле производственных процессов [6] (Moin, Naque, & Mahabubuzzaman, 2010).

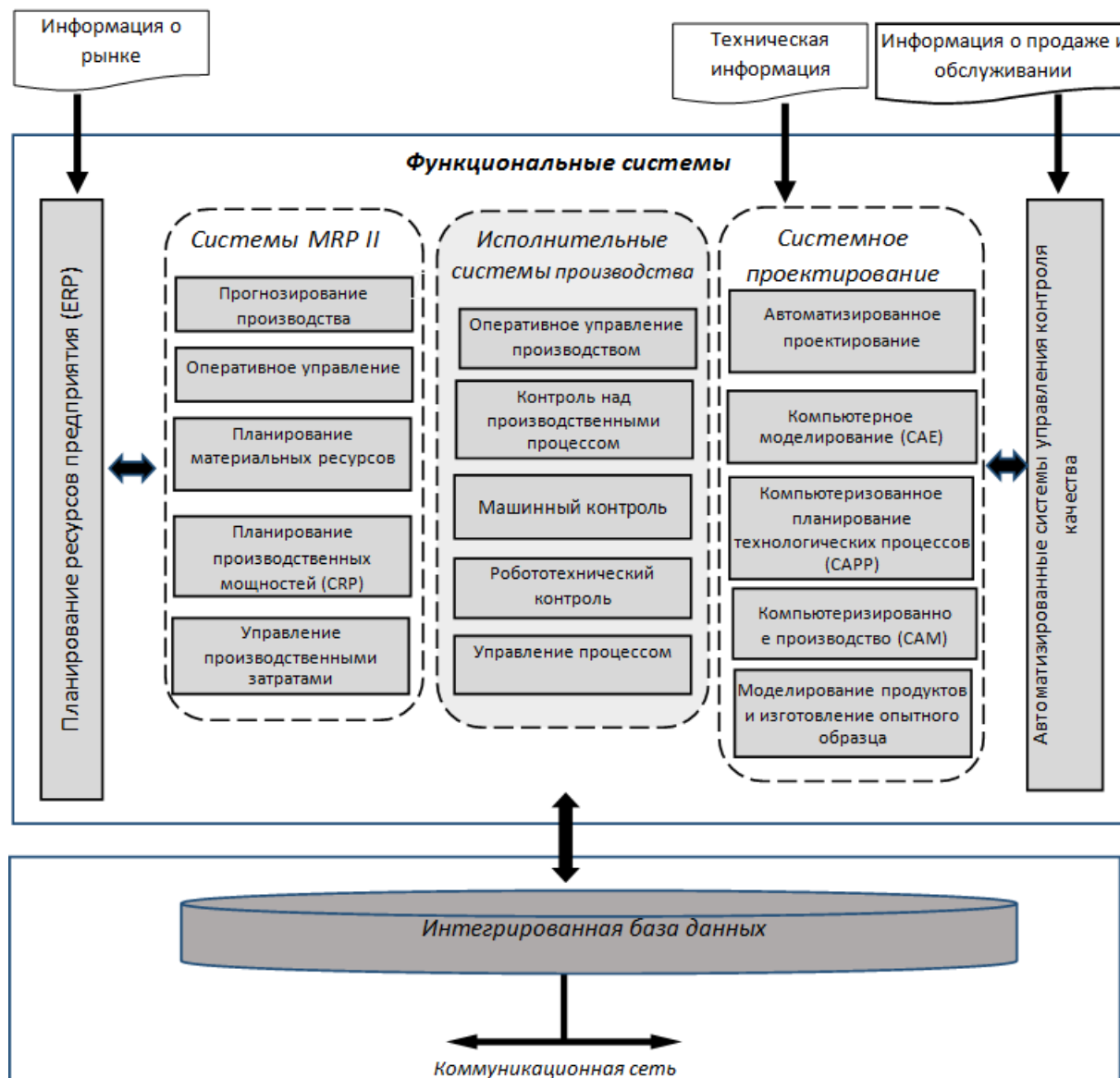


Рис. 1. Архитектура КИП в какао обрабатывающей отрасли

Методы КИП включают информационную интеграцию, интеграцию бизнес-процессов, материальную интеграцию, интеграцию приложений и интеграцию технологических процессов [2, 8] (Chen , Yushun , & Deyun, 2001; Radhakrishnan, Subramanyan, & Raju, 2008). Типичное КИП в какао обрабатывающей отрасли состоит из нескольких компонентов, включая аппаратное и программное обеспечение, которые имеют различные функции, как показано на рис. 1. Целью КИП является обеспечение работы компьютерных приложений и обеспечение взаимодействия, которое необходимо для осуществления интеграции (с учетом организационных изменений), что позволит компании в конечном итоге извлечь преимущества из этих новых возможностей (Tariq & Khan, 2004) [7].

Эталонная модель КИП для компании по производству и переработке какао

Эталонная модель является определённым стандартом или концептуальной моделью системы (Григорьев, Берзин, & Чохонелидзе, 2002) [1].

Эталонная модель КИП представляет собой расширенный набор универсальных задач управления информацией и автоматизированного контроля, а также необходимых функциональных требований к промышленному предприятию для их осуществления [8] (Radhakrishnan, Subramanyan, & Raju, 2008). В КИП компьютерная система контролирует каждую фазу процесса от заказа продукта, его моделирования и оформления, заказа необходимых материалов до производства и сбыта продукции. КИП начинает работу с инженерного запроса (REA), который обычно включает в себя размещение заказа на продукт. За ним следуют компьютерное планирование и конструкторско-технологическое проектирование заказанного товара, затем следует автоматизированное производство и складирование и, наконец, автоматизированная система распределения (Ryan, 2008) [9]. Концептуальная модель для разработки какао-продуктов с использованием методологии КИП показана на рис. 2.

Как показано на рис. 2, информационные данные являются основой всех систем КИП. Почти все компоненты системы КИП производят или потребляют данные. Хотя некоторая информация является временной, большую ее часть необходимо хранить в базе данных.

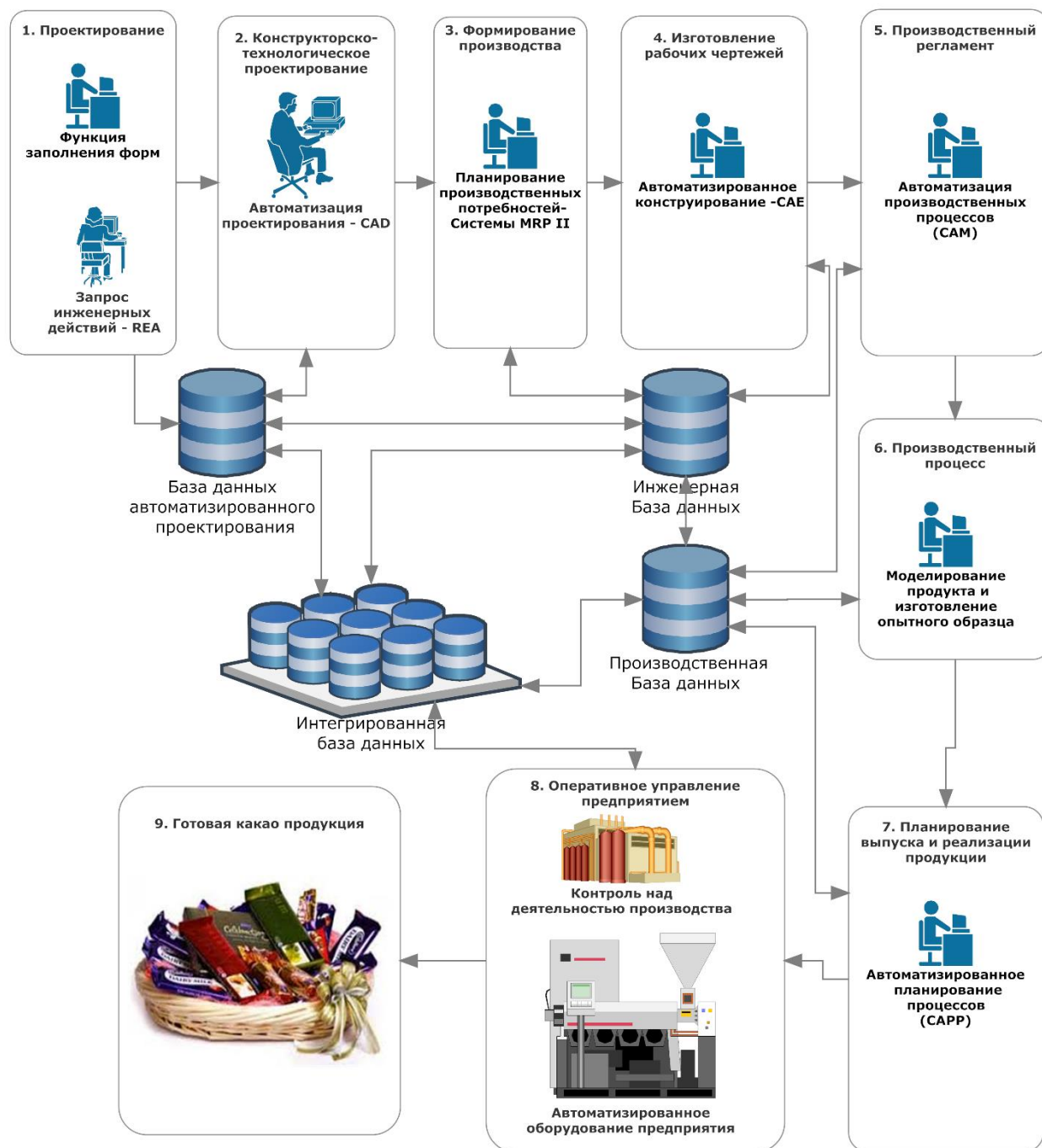


Рис. 2. Концептуальная модель для разработки какао-продуктов с использованием методологии КИП

Интеграция данных и системы является основной целью внедрения систем КИП в производственную компанию (Chen , Yushun , & Deyun, 2001) [2]. Модель интеграции данных на предприятии по производству и переработке какао показана на рис. 3.

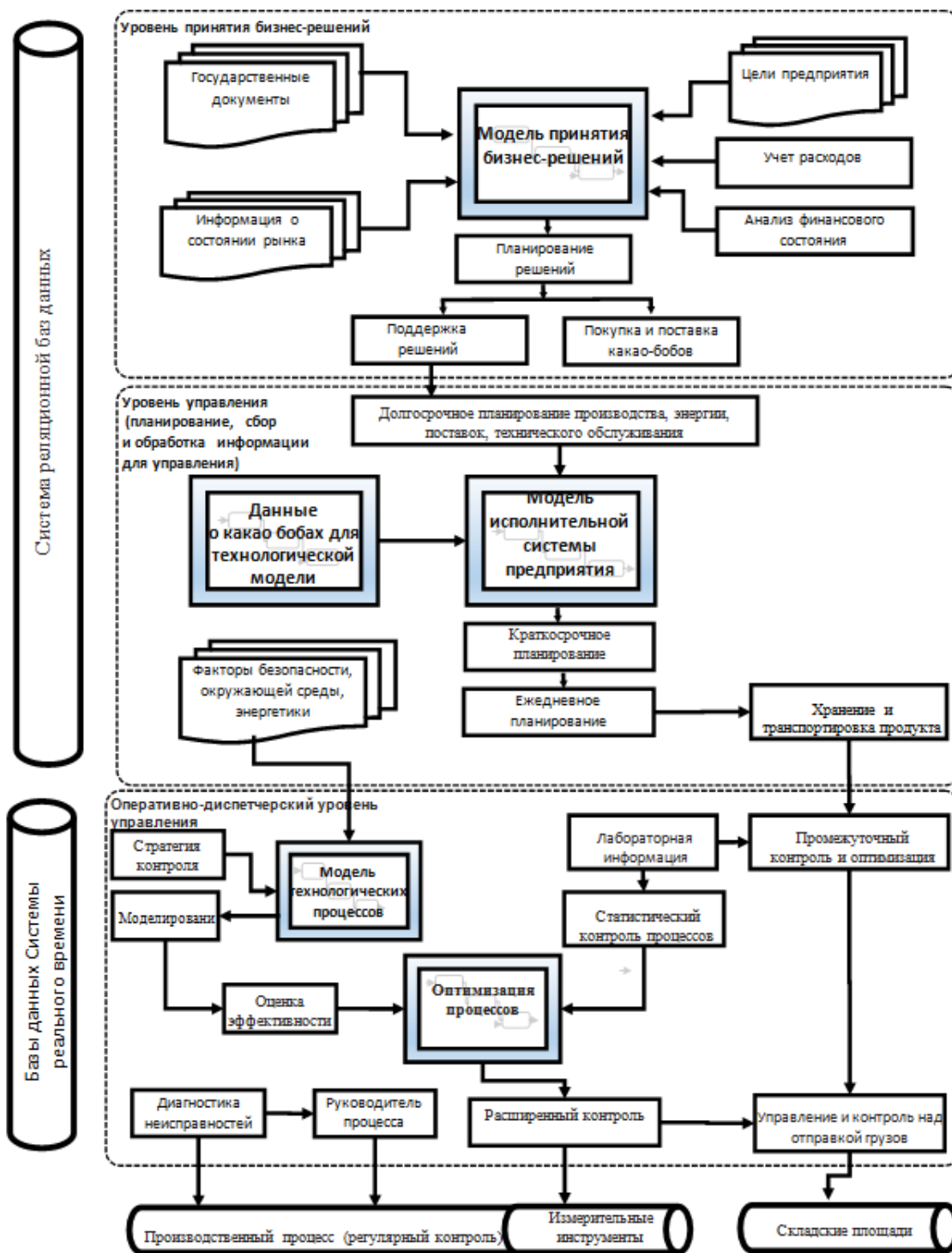


Рис. 3. Модель интеграции данных для КИП на предприятии по производству какао

В отрасли по производству и переработке какао интеграция процессов является принципиально значимой и связана с взаимодействием различных подсистем, на производстве с поточным методом, в целях разработки нового продукта или для контроля процессов. Это может привести к более короткому времени технологической разработки продукции, лучшему качеству продукции, более коротким срокам поставки, а также высокой эффективности всех бизнес-процессов. На рис. 4 представлена схема управления системой производства какао.

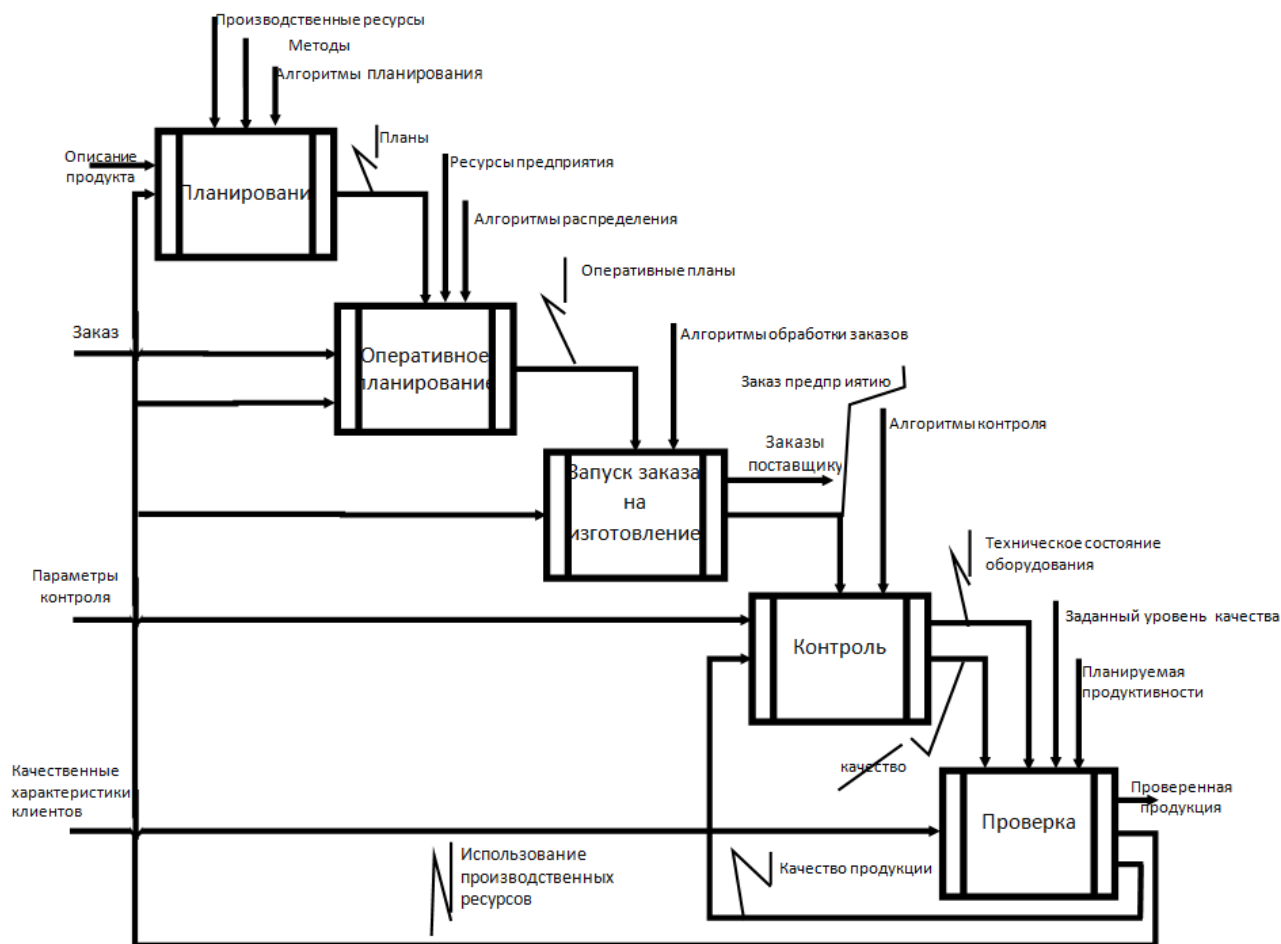


Рис. 4. Модель схемы управления на предприятии по производству какао

С целью эффективной интеграции подпроцессов и для определения видов деятельности в рамках процесса и отношений между ними, автор использует методы моделирования систем. Оптимизация этих подпроцессов и сокращение длительности производственного цикла позволит повысить эффективность всей системы.

Моделирование процессов в какао-промышленности

Модель процесса может быть определена как набор определенных событий с установленными входами и выходами, происходящими во времени, где каждое событие фокусируется на конфигурации отдельного продукта [10]. Модель процесса обычно включает в себя функциональную модель для описания событий, которые создают, изменяют и уничтожают объекты в рамках процесса. Некоторые процессы могут быть разложены на составляющие для более детального анализа или представления. Для функционального моделирования все чаще используется система обозначений метода описания интеграций (IDEF). К другим способам моделирования относятся методология составления диаграмм потока данных (DFD), сети Петри, структурные схемы промышленного процесса, а также другие специализированные системы обозначений.

Метод описания интеграций (IDEF) является инструментом моделирования, который основан на методике структурированного анализа и проектирования (SADT). Данная методика представляет собой набор стандартизированных способов и языков графических символов для моделирования в области разработки программного обеспечения, моделирования и оптимизации бизнес-процессов [11,12].

Метод описания интеграций (IDEF) состоит из набора функционально-ориентированных инструментов моделирования, которые обеспечивают основу для разработки моделей процессов и функций [10]. Он используется для создания структурированных представлений функций системы, информации и объектов, которые связывают эти функции. Это дает возможность инженерам и экспертам увидеть проблемы на различных уровнях абстракции. Метод описания интеграций был использован для создания функциональных моделей производства какао-продуктов, применяя процессы управления данными, описанные в предыдущих параграфах.

Функциональное моделирование производственного процесса какао-продуктов

С помощью метода описания интеграций была создана функциональная модель для производственного процесса какао-продуктов. Для этого создали контекстную диаграмму (рис. 5). В данной диаграмме границы системы были определены для того, чтобы изолировать систему от окружающей среды. Взаимодействие системы и среды осуществляется через параметры ввода, вывода, обработки информации и контроля.

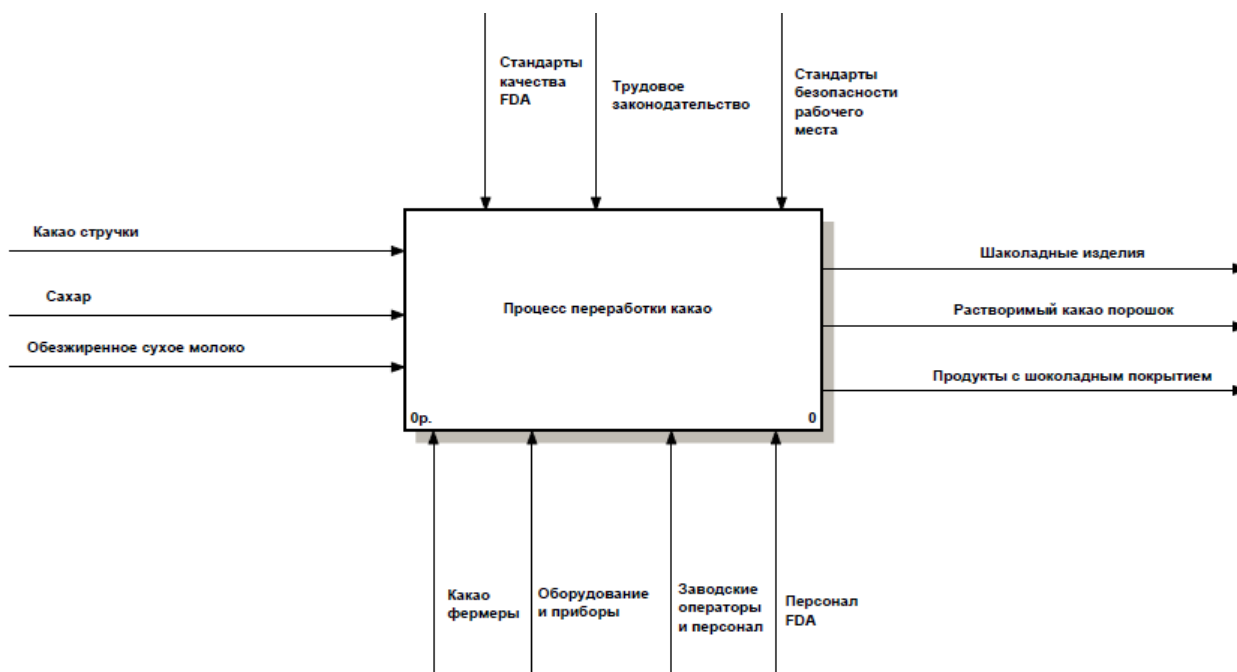


Рис. 5. Контекстная диаграмма производственного процесса какао

Входные параметры процесса производства какао – это сырьё необходимое для производства, а именно, какао-бобы, сахарный песок, обезжиренное молоко и т.д., а также затраты на электропотребление для обеспечения производственных процессов.

Выходные параметры – это результат процесса производства, в частности, растворимый какао-порошок, шоколад и другие продукты на основе шоколада.

Контроль – это регулятивная и нормативно-правовая деятельность для регулирования и управления производственными процессами. На предприятии по производству и переработке какао механизмы контроля учитывают стандарты качества продукции, которые составляются Государственным Управлением по контролю качества медикаментов и продуктов питания (FDA), а также самим предприятием, нормы трудового законодательства и стандарты безопасности рабочих мест в компании.

Механизмы – это системы, люди и оборудование, задействованные в процессе производства. Они охватывают фермеров, которые выращивают и производят какао-бобы,

служебный персонал компании от руководителей до рабочих, штат сотрудников контрольно-надзорного органа по стандартам качества и безопасности, а также техническое оборудование, например, используемые в процессе производства сушилки и ростеры.

Декомпозиция контекстной диаграммы, как показано на рис. 6, представляет собой функциональную модель подпроцессов производства и переработки какао. Различные процессы, представленные прямоугольниками и стрелками (информационными носителями), отражают отношения между процессами.

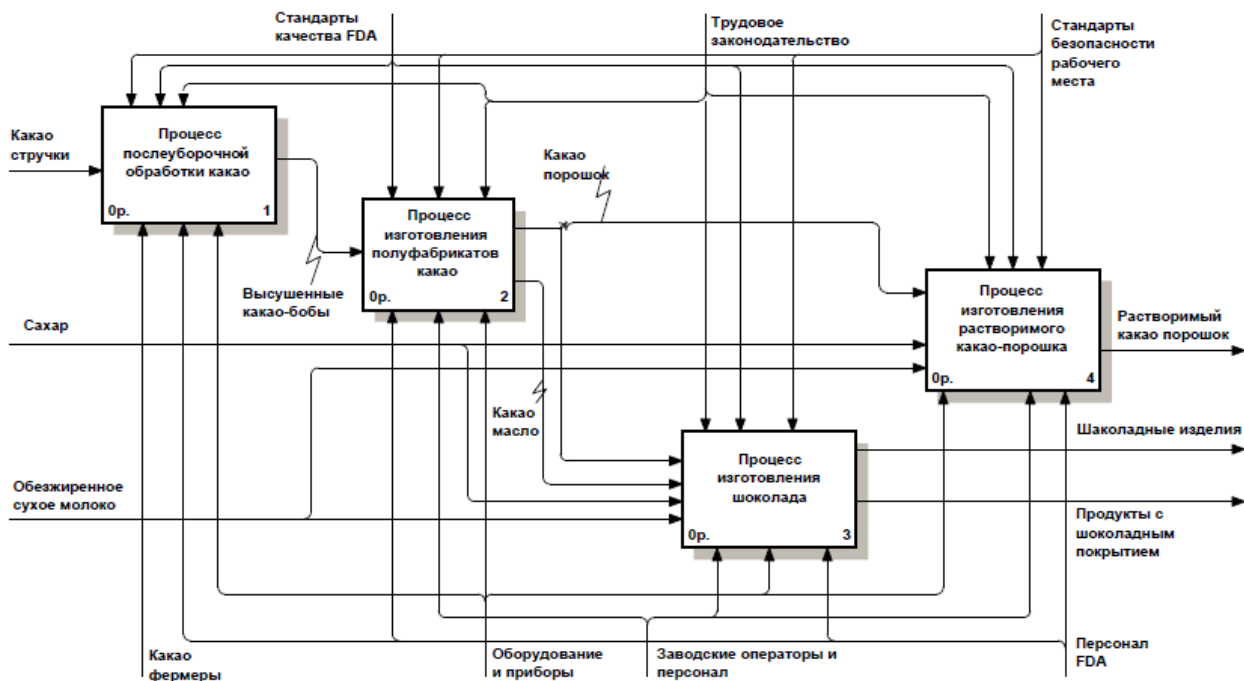


Рис. 6. Функциональная модель производственного процесса какао (модель декомпозиции)

Таким образом, основными под-процессами являются операции, которые происходят до того, как бобы попадают на перерабатывающее предприятие, и те, которые происходят на производстве. Процессы, происходящие на какао перерабатывающем предприятии, включают производство полуфабрикатов какао (какао-порошок и какао-масло), производство шоколада и шоколадных продуктов и производство растворимого какао-порошка.

После сбора стручков с дерева какао-бобы проходят определенную первичную, но очень важную обработку, прежде чем они становятся пригодными для транспортировки на фабрику. По мнению большинства экспертов, эти начальные процессы являются принципиально важными, так как определяют качество конечных продуктов какао. Модель декомпозиции первичных послеуборочных процессов обработки какао показана на рис. 7. Это функциональная модель, которая показывает различные операции послеуборочной обработки какао-бобов.

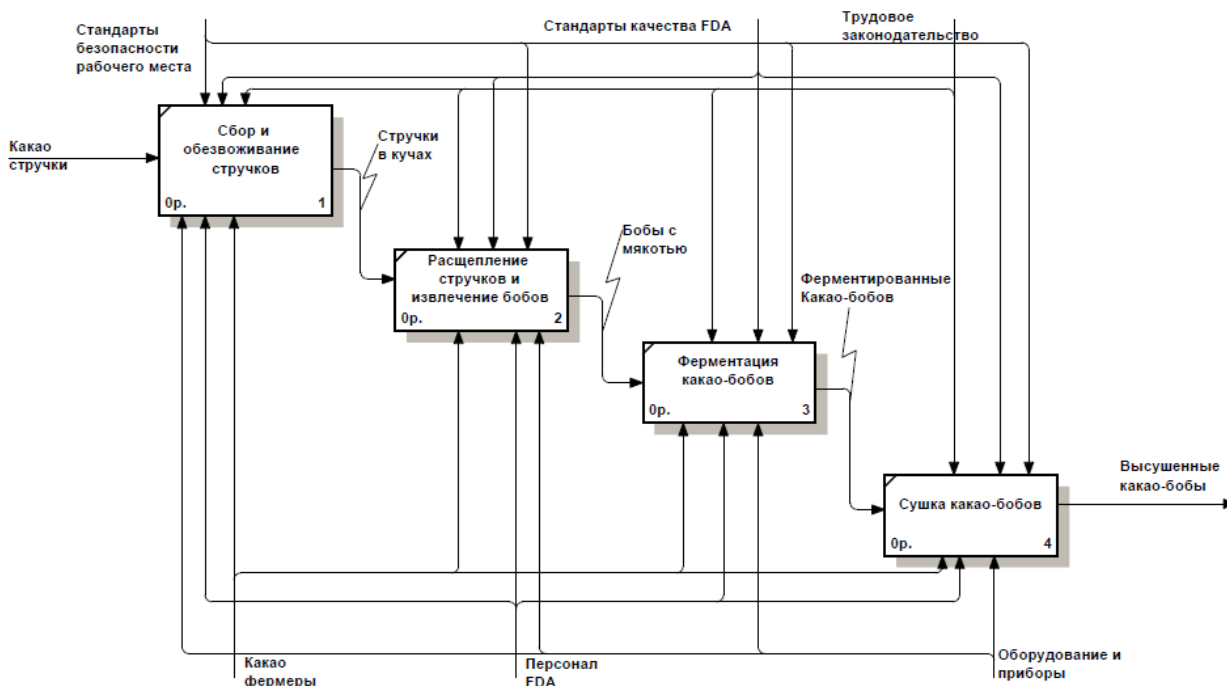


Рис. 7. Функциональная схема послуборочной обработки какао-бобов (модель декомпозиции)

Входными параметрами этой модели являются свойства стручков какао, собранных с какао-дерева, в то время как выходными параметрами являются свойства сухих какао-бобов. Механизмы – это какао-фермеры, которые выполняют все эти задачи, оборудование и сельскохозяйственные средства, которыми они пользуются, а также персонал органов Государственного Управления по контролю над пищевыми продуктами и лекарственными средствами (FDA) или сотрудники Совета по делам управления какао в Гане (COCOBOD), которые следят за качеством бобов. Контроль остается тем же самым на протяжении всего процесса, что является недостатком модели.

Информация о результатах этого подпроцесса – сухих какао-бобах становится входными данными для остальных процессов в промышленном производстве какао.

Процесс переработки полуфабрикатов какао является начальным подпроцессом изготовления любого какао-продукта. В результате, некоторые компании, занимающиеся измельчением и помолом какао-бобов, специализируются на производстве и экспорте только такого вида продукта. Такие компании проще открыть и ими легче управлять в связи с относительно низкой себестоимости оборудования. Полуфабрикаты какао включают какао-масло, какао-порошок и т.д.

Модель декомпозиции процесса изготовления полуфабрикатов какао показана на рис. 8. Это функциональная модель, которая показывает различные операции изготовления какао-масла и какао-порошка.

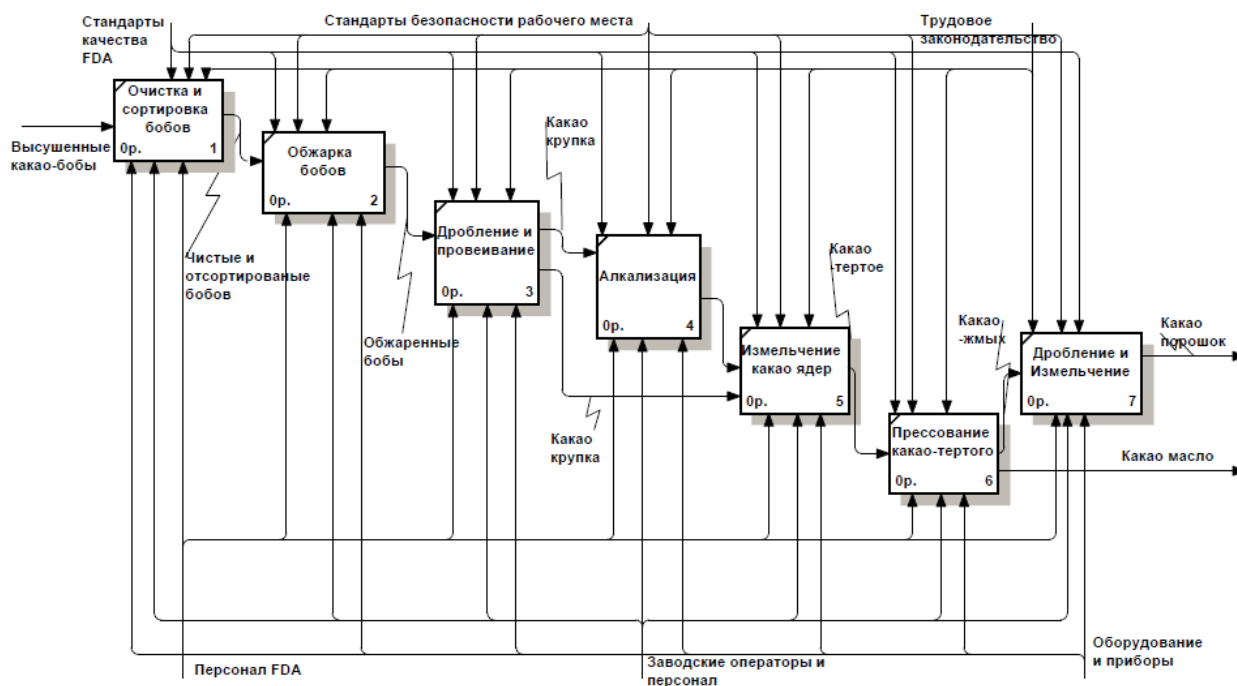


Рис. 8. Функциональная модель процесса изготовления полуфабрикатов какао (модель декомпозиции)

Входными параметрами в этой модели являются какао-бобы и выходными – полуфабрикаты, в частности масло какао и какао порошок. Механизмы и Контроль остаются теми же самыми на протяжении всего процесса, что является недостатком модели.

Информация о результатах процесса производства полуфабрикатов становится входными данными для остальных процессов на предприятии. Помимо использования в какао-промышленности, такой продукт как масло какао можно продавать на косметический или другие рынки для дальнейшей переработки в готовый продукт.

Изготовление шоколада и шоколадных изделий является вторичным промышленным подпроцессом для большинства компаний, перерабатывающих какао, но самым важным в какао промышленности. В результате, большинство компаний по производству и переработке какао сочетают переработку полуфабрикатов и производство шоколада, превращая их в полноценный непрерывный процесс. Такие компании, как правило, вкладывают значительные средства в автоматизированное оборудование, что резко увеличивает затраты на переналадку производства и расходы на эксплуатацию.

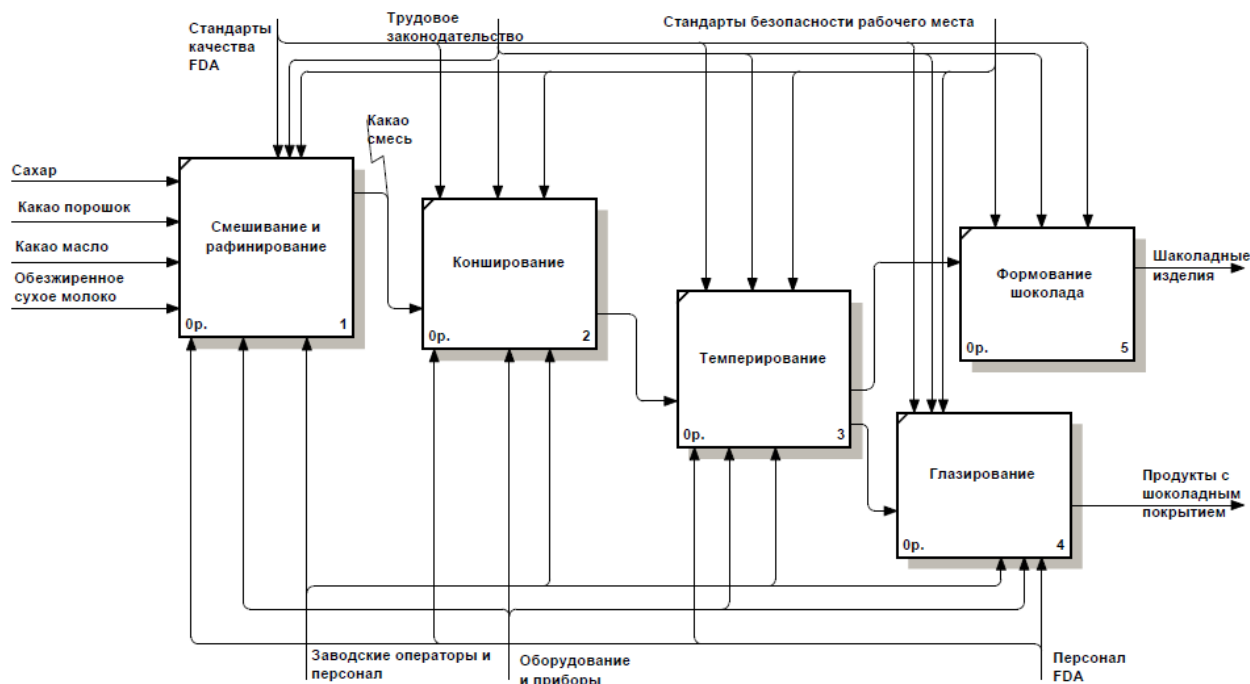


Рис. 9. Функциональная модель процесса изготовления шоколадных изделий (модель декомпозиции)

Модель декомпозиции производственного процесса шоколада показана на рис. 9. Это функциональная модель, которая показывает различные операции изготовления шоколада и шоколадных продуктов.

Входными параметрами этой модели являются какао-бобы, какао-масло, сахарный песок и сухое обезжиренное молоко. Выходными параметрами – шоколад (молочный шоколад, обычный шоколад) и продукты с шоколадным покрытием.

Изготовление растворимого какао-порошка является еще одним вторичным подпроцессом производства для большинства компаний, перерабатывающих какао. Как и в процессе изготовления шоколада, большинство компаний сочетают переработку полуфабрикатов и производство растворимого какао-порошка, превращая их в полноценный непрерывный процесс. Затраты на переналадку производства и расходы на эксплуатацию также велики.

Рис. 10 показывает функциональную модель декомпозиции процесса производства растворимого какао порошка. Модель отражает различные операции изготовления растворимого какао порошка. Входными параметрами этой модели являются какао-бобы, сахарный песок и сухое обезжиренное молоко. Выходным параметром является растворимый какао порошок.

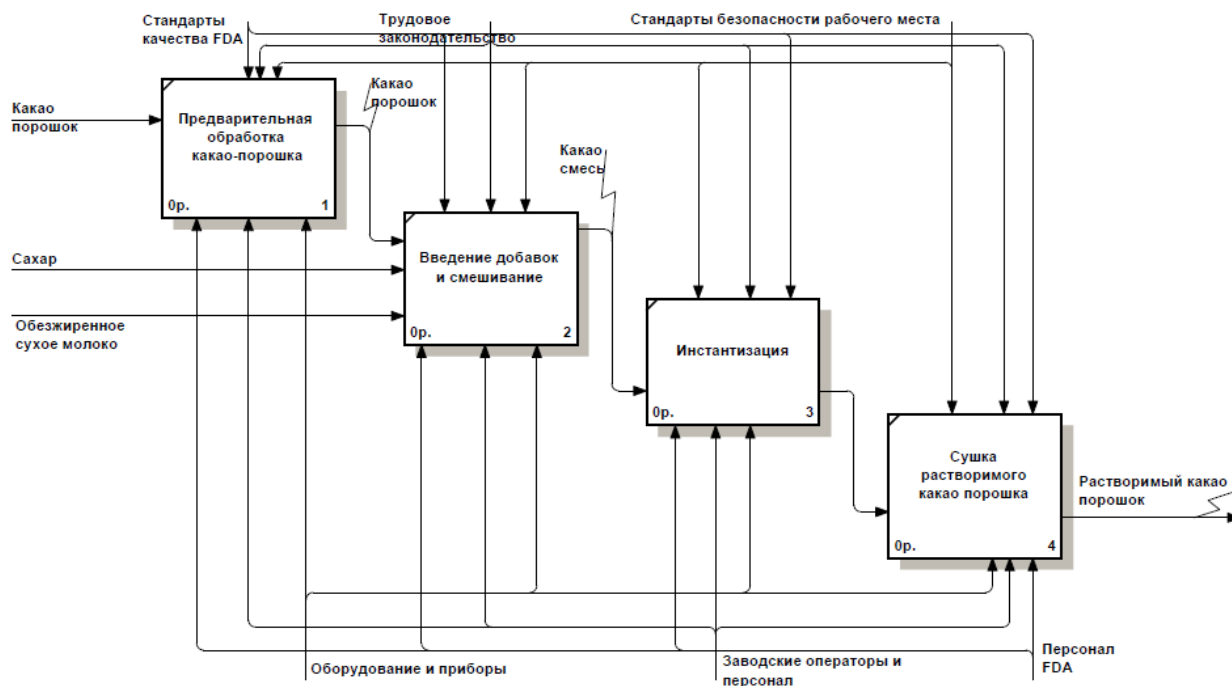


Рис. 10. Функциональная модель процесса изготовления растворимого какао-порошка (модель декомпозиции)

Заключение

Предложена эталонная модель КИП, которая состоит из концептуальной модели, модели контроля и модели интеграции данных для процесса производства какао. Также для моделирования процесса производства какао предложена модель процесса на основе функционального моделирования IDEF. Сюда включены функциональные модели различных под-процессов, таких как послеуборочная обработка, производство полуфабрикатов какао (какао-масло и порошок), производство шоколада и растворимого какао порошка. Разработанные модели могут служить эталоном для проектирования новых процессов и использоваться в качестве основы для реорганизации бизнес-процессов. Они также могут быть инструментом поддержки в планировании, оперативном управлении и организации производства какао.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.И., Берзин Е.А., and Чохонелидзе А.Н. Распределение ресурсов в больших системах. М: Энергоатомизат, 2002. 304 pp.
2. Chen W., Yushun F., and Deyun X. Computer integrated manufacturing. 3rd ed. // In: Handbook of Industrial Engineering. John Wiley and Sons, 2001. pp. 485-529.
3. Shaw J.M., "Information-based manufacturing with the web," The International Journal of Flexible Manufacturing Systems , Vol. 12, 2000. pp. 115 - 129.
4. Nagalingam V.S., Lin G.C.I., "Latest developments in CIM," Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, 1999. pp. 423-430.
5. Ayres R.U. Computer Integrated Manufacturing. Vol 1. New York: Chapman & Hall, 1991.
6. Moin C.J., Haque R., and Mahabubuzzaman A.K.M., "A study on computer integrated manufacturing method in Bangladeshi textile industry," Journal of Innovation Development Strategy, Vol. 4, No. 1, 2010. pp. 5-11.
7. Tariq M., Khan I. Productivity improvement through computer integrated manufacturing in post WTO scenario.. , pp. // National Conference on Emerging Technologies. 2004. pp. 171-177.
8. Radhakrishnan P., Subramanyan S., and Raju V. CAD/CAM/CIM systems. 3rd ed. New Delhi: New Age International, 2008. 688 pp.
9. Ryan. 2008 Computer integrated manufacture (CIM) [Электронный ресурс] [2008]. URL: <http://www.technologystudent.com/rmprp07/intman1.html> (дата обращения: 15.06.2014).
10. Šerifi V., Dasic P., Jecmenica, and Labovic D., "Functional and information modeling of production using IDEF methods," Strojniški vestnik, Vol. 55, No. 2, 2009. pp. 131-140.
11. Mujumdar, A. S. R&D Needs, Challenges and Opportunities for Innovation in Drying Technology. 2010.
12. Robert L.N., Hutcheson R., McAdams D., and Stone R., "Process and event modelling for conceptual design," Journal of Engineering Design, Vol. 22, No. 3, 2011. pp. 145–164.
13. Šerifi V., Predrag D., Ratomir J., and Labović D., "Functional and Information Modeling of Production Using IDEF Methods," Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering, Vol. 55, No. 2, 2009. pp. 131-140.
14. Ferreira J.C.E., Steele J., Wysk R.A., and Pasi D.A., "A Schema for Flexible Equipment Control in Manufacturing System," International Journal Advanced Manufacturing Technology, Vol. 18, 2001. pp. 410 - 421.
15. Ferreira C.E.J., dos Santos , Schirmer , Cardoso B., Santos , and Álvares A. A procedure for integrating automated equipment in a flexible manufacturing system and their use for the remote manufacture of parts through the internet // 17th International Congress of Mechanical Engineering. Sao Paulo. 2003.
16. Cheol-Han K., Weston R., Hodgson A., and Kyung-Huy L., "The complementary use of IDEF and UML modelling approaches.," Computers in Industry, Vol. 50, October 2003. pp. 35–56.

Рецензент: Сергей Николаевич Шерстнев, Директор по научно-техническому, развитию, ООО НПП «Геосфера»

Alexander Chokhonelidze

Tver state technical university
Russia, Tver
a444595@pochta.ru

Forgor Lempogo

Tver state technical university
Russia, Tver
Post graduate student
Ghana technology university
Accra, Ghana
Lecturer
forlemo@yahoo.co.nz

William Brown-Acquaye

Tver state technical university
Russia, Tver
Post graduate student
Ghana technology university
Accra, Ghana
Lecturer
wbrownacquaye@hotmail.com

Process modelling in the cocoa industry

Abstract. The paper looks at the application of CIM technologies in a cocoa manufacturing process. A reference model of CIM for cocoa manufacturing process was proposed. This is made up of a conceptual model, a control model, data integration model and a process model. The process model is based on the functional modeling method of IDEF0 and include functional models for the various sub processes such as postharvest processing, manufacturing semi-finished cocoa products (cocoa butter and powder) and chocolate and instant cocoa powder manufacturing. A cocoa drying system model was also proposed for the modeling of cocoa drying system. These will serve as a reference for the design of new process and can be used as a basis for business process reengineering. It will also serve as a support for planning, scheduling and management of the cocoa manufacturing process.

Keywords: cocoa; modelling; process; reference model; manufacturing; CIM; IDEF; conceptual modelling; functional modelling.

REFERENCES

1. Grigor'ev V.I., Berzin E.A., and Chohonelidze A.N. *Raspredelenie resursov v bol'shiih sistemah*. M: Jenergoatomizat, 2002. 304 pp.
2. Chen W., Yushun F., and Deyun X. *Computer integrated manufacturing*. 3rd ed. // In: *Handbook of Industrial Engineering*. John Wiley and Sons, 2001. pp. 485-529.
3. Shaw J.M., "Information-based manufacturing with the web," *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 12, 2000. pp. 115 - 129.
4. Nagalingam V.S., Lin G.C.I., "Latest developments in CIM," *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 15, 1999. pp. 423-430.
5. Ayres R.U. *Computer Integrated Manufacturing*. Vol 1. New York: Chapman & Hall, 1991.
6. Moin C.J., Haque R., and Mahabubuzzaman A.K.M., "A study on computer integrated manufacturing method in Bangladeshi textile industry," *Journal of Innovation Development Strategy*, Vol. 4, No. 1, 2010. pp. 5-11.
7. Tariq M., Khan I. *Productivity improvement through computer integrated manufacturing in post WTO scenario..*, pp. // *National Conference on Emerging Technologies*. 2004. pp. 171-177.
8. Radhakrishnan P., Subramanyan S., and Raju V. *CAD/CAM/CIM systems*. 3rd ed. New Delhi: New Age International, 2008. 688 pp.
9. Ryan. 2008 *Computer integrated manufacture (CIM) [Elektronnyj resurs] [2008]*. URL: <http://www.technologystudent.com/rmprp07/intman1.html> (data obrashhenija: 15.06.2014). 10. Serifi V., Dasic P., Jecmenica, and Labovic D., "Functional and information modeling of production using IDEF methods," *Strojniški vestnik*, Vol. 55, No. 2, 2009. pp. 131-140.
11. Mujumdar, A. S. *R&D Needs, Challenges and Opportunities for Innovation in Drying Technology*. 2010.
12. Robert L.N., Hutcheson R., McAdams D., and Stone R., "Process and event modelling for conceptual design," *Journal of Engineering Design*, Vol. 22, No. 3, 2011. pp. 145–164.
13. Šerifi V., Predrag D., Ratomir J., and Labović D., "Functional and Information Modeling of Production Using IDEF Methods," *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 55, No. 2, 2009. pp. 131-140.
14. Ferreira J.C.E., Steele J., Wysk R.A., and Pasi D.A., "A Schema for Flexible Equipment Control in Manufacturing System," *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 18, 2001. pp. 410 - 421.
15. Ferreira C.E.J., dos Santos, Schirmer, Cardoso B., Santos, and Álvares A. *A procedure for integrating automated equipment in a flexible manufacturing system and their use for the remote manufacture of parts through the internet* // *17th International Congress of Mechanical Engineering*. Sao Paulo. 2003.
16. Cheol-Han K., Weston R., Hodgson A., and Kyung-Huy L., "The complementary use of IDEF and UML modelling approaches.," *Computers in Industry*, Vol. 50, October 2003. pp. 35–56.