

УДК 303.732.3

DOI: 10.22213/2410-9304-2024-4-32-37

## Контроль материальных потоков производственных процессов\*

Д. А. Айзенштат, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Д. Е. Докучаев, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

С. В. Смирнов, кандидат технических наук, доцент, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*В статье рассмотрены математические модели и алгоритмы контроля материальных потоков в производстве. В качестве сфер применения рассмотрены производство хлебобулочных изделий и производство скважинного оборудования. В каждой из сфер описаны ограничения, связанные со спецификой производственных организаций, в частности эффективное использование резервов складов предприятий с целью обеспечения изменения производственных процессов для адаптации плана к вариативности рынка с точки зрения стоимости поставок и уровня цен реализации выпускаемой продукции. Предлагается осуществить автоматизацию деятельности предприятий, связанную с оформлением заказов на доставку для взаимодействия с поставщиками, учитывающая изменения различных факторов, а также использование модуля отчетности, который позволит оценивать ситуацию и строить отчеты, на основании которых упрощается работа руководителей предприятий и подразделений, связанная с принятием решений. Рассматривается оперативный контроль материальных потоков при производстве. Вводится понятие контроля материальных потоков производства как сравнение количества сырьевых ресурсов, предназначенных для изготовления продукции, суммы нормативных затрат сырья при производстве продукции в рамках главного производственного плана и имеющихся остатков соответствующих сырьевых запасов. Решается задача контроля материальных ресурсов. Выводы, полученные в ходе исследования, послужат основой для разработки информационной системы, включающей в себя формирование перечня материалов, учет изделий на складе готовой продукции, а также учет неизрасходованных в ходе производства изделий оставшихся на складах ингредиентов, создание реестра израсходованных материалов и учета документов, система позволит вносить данные в режиме реального времени.*

**Ключевые слова:** численные методы, линейное программирование, MRP, пищевая промышленность, оборудование для скважин.

### Введение

**Актуальность исследования.** Сложность организации производственного процесса связана с динамическим поведением цен на сырье и готовую продукцию и резким изменением ситуации на рынке труда, что приводит к необходимости оперативной корректировки главного производственного плана. Руководителям производственных организаций необходимо эффективно использовать имеющиеся складские ресурсы. Это приводит к необходимости анализа первичных источников данных. Ситуация в целом одинакова для большинства областей промышленности региона. Так, например, пищевая промышленность имеет сильную зависимость от урожайности не только в конкретной области, но и в целом по стране, а углерододобывающая отрасль зависит от надежности поставщиков компонент соответствующего оборудования.

Сложившаяся динамическая ситуация на продовольственном рынке диктует хлебопекарным предприятиям необходимость контроля приемки и подготовки сырьевых запасов, мини-

мизации отбраковки в процессе производства. Исходное сырье в пищевой промышленности имеет ограниченные сроки и комплексные условия хранения. Отсутствие контроля входного потока сырья на хлебопекарных предприятиях приводит к экономическим потерям. Производственное хлебопекарное предприятие должно функционировать непрерывно, потому что любая остановка производства оборачивается для предприятия также экономическими потерями в связи с безвозвратно потерянным сырьем для производства и увеличением количества брака готовой продукции.

Логистические и экономические цепочки поставок комплектующих промышленного оборудования имеют непостоянную структуру и требуют оперативного внесения правок в главный производственный план на основе данных рынка поставок сырья.

Информационные технологии позволяют автоматизировать многие процессы промышленного предприятия, в том числе и в области формирования закупочных заявок на сырье. Необходимо учитывать меняющиеся сроки поставок

© Айзенштат Д. А., Докучаев Д. Е., Смирнов С. В., 2024

\* Работа выполнена в рамках Программы развития научных и научно-педагогических кадров ИжГТУ имени М. Т. Калашникова (шифр ДДЕ-24) «Исследование методами системного анализа и разработка программно-инструментальных средств комплексной автоматизации технологических процессов производственно-технической системы». Приказ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» от 27.12.2023 г. № 1565.

и колебания цен, имеющие сезонную цикличность. Автоматизация в области осуществления закупок для промышленных предприятий всех типов позволяет обеспечить контроль взаимодействия с поставщиками, формировать актуальные цены на готовые изделия, тем самым обеспечивать конкурентные преимущества для предприятия, а также снижать нагрузку на руководство предприятий, связанную с принятием управленческих решений в области осуществления закупок.

Интеграция в информационную систему предприятия модуля построения отчетов дает возможность формировать как периодические, так и разовые оперативные отчеты, формирующие данные для принятия решений.

В качестве объекта исследования выступает оперативный контроль материальных потоков при производстве на примере производства хлебобулочных изделий [1] и скважинного оборудования [2].

Предметом исследования являются математические модели и алгоритмы оперативного контроля материальных потоков при производстве различного вида продукции.

Целью исследования является оптимизация использования складского оборудования при производстве хлебобулочных изделий и скважинного оборудования.

В работе [3] показана актуальность оценки финансового состояния предприятий пищевой промышленности. В работе [4, 5] рассмотрены теоретические аспекты финансовой устойчивости организаций пищевой и перерабатывающей промышленности России и представлены их экономические особенности.

В работе [6] рассмотрены современные экономико-математические модели оценки финансового состояния предприятия, а также на основе данных публичной бухгалтерской отчетности выполнен анализ финансового состояния на примере одного из крупнейших предприятий российского газо- и турбостроения – ПАО «ОДК-Сатурн» за 2014–2016 гг. При этом на основе проведенных сравнительных расчетов финансового состояния предприятия с использованием ряда известных экономико-математических моделей авторами статьи рекомендованы некоторые из них для дальнейшего использования как в наибольшей степени отражающие специфику промышленных предприятий, что составляет научную новизну полученных в статье результатов.

В работе [7] проводится анализ финансового состояния предприятий оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на ос-

новании ретроспективных данных за период с 2004 по 2012 год. В статье протестированы теоретические экономико-математические модели на основе реальных данных на предмет соответствия эмпирической динамике. Для характеристики финансового состояния организации используются два коэффициента финансового анализа: коэффициент текущей ликвидности и коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами. На основании динамики приростов коэффициентов были построены модели для прогнозирования и оценки финансовой устойчивости предприятий ОПК. Построенные модели позволяют проводить имитационные эксперименты для оценки финансовой устойчивости отдельных предприятий [8, 9].

Производственное предприятие при загрузке оборудования осуществляет закупку, перемещение и преобразование сырьевых ресурсов, производит некоторое количество изделий. Решается задача контроля материальных ресурсов при производстве хлебобулочных изделий и скважинного оборудования [10–12].

#### Математическая модель

Введем понятие контроля материальных потоков производства как сравнение количества сырьевых ресурсов, предназначенных для изготовления продукции, суммы нормативных затрат сырья при производстве продукции в рамках главного производственного плана и имеющихся остатков соответствующих сырьевых запасов. В качестве рассматриваемых запасов для производства хлебобулочных изделий выступают мучные компоненты, масла и маргарины, специи, дрожжи и яйцо куриное. В свою очередь при производстве скважинного оборудования будем рассматривать прокатные, прутковые и иные виды материалов, выступающие в качестве первичного сырья. Все сырьевые запасы, задействованные в выполнении производственного плана, преобразуются в готовую продукцию и складские остатки.

Это условие описывается следующей формулой:

$$R_n = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^{T_i} u_{ijn} p_{ij} + R'_n, \quad n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где  $i$  – вид выпускаемой продуктовой единицы (от 1 до  $S$ );  $p_{ij}$  – объем ее выпуска, произведенной по технологии  $j$ . Технологии производства определяются как нормами используемого сырья, так и загружаемым в процессе технологии оборудованием. Расход сырья вида  $n$ , задействованный для производства выпускаемых еди-

ниц вида  $i$  по технологии  $j$ , обозначим через  $u_{ijn}$ . Величиной  $S$  обозначим число видов выпускаемых предприятием изделий, находящихся в производственном плане;  $T_i$  – количество реализуемых технологий изготовления изделия вида  $i$ ;  $R_n$  – количество исходного материального ресурса вида  $n$ ;  $R'_n$  – количество оставшегося материального ресурса вида  $n$ . Вектор  $\mathbf{R} = (R_n)$ , где  $n \in N$  и определяется наличием имеющихся запасов материальных ресурсов;  $N$  – множество видов материалов.

К сожалению, не весь объем материальных ресурсов задействован в производственном процессе. Часть сырьевых запасов может быть забракована в производственном процессе. Скорректированная формула будет иметь следующий вид:

$$R_n = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^{T_i} u_{ijn} p_{ij} + R'_n + R''_n, \quad n = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где  $R''_n$  – объем забракованных материальных ресурсов.

Схематически движение материальных потоков можно представить в виде рисунка.



Контроль материальных потоков производственных процессов

Control of material flows of production processes

В процедуре учета материальных ресурсов определяется набор-справочник материальных ресурсов. Полями справочника является наименование материала и его количество. При реализации производственных процессов достигается оптимальное количество изготовленных изделий и остатки материалов. Изготовленные изделия размещаются в хранилище готовой продукции, а оставшиеся неиспользованные материалы остаются на складе сырьевых запасов [13–15]. Данные о проводимых операциях по перемещению и преобразованию материальных ценностей записываются в журнал документов. В реестре остатков удаляется количество материала, израсходованное в производственном процессе. Информация об остатках продукции заносится в соответствующий реестр, хранящийся на дисковом носителе. При последующих операциях эти данные вводятся и изменяются с учетом поступления. Внесение данных в информационную систему возможно как в оперативном режиме, так и с небольшой задержкой по времени, связанной с особенностями оперативной деятельности предприятия. Плановое резервное копирование и распределение прав

пользователей снижает риски потери данных при ведении журнала операций.

#### Выводы и заключение

В данной работе рассмотрены сложности организации производственного процесса в связи с различными условиями, в том числе связанными с изменчивостью цен на сырье. Оперативный контроль материальных потоков при производстве. Представлены математические модели контроля материальных ресурсов при производстве хлебобулочных изделий и скважинного оборудования. Представлена схема движения материальных потоков на производстве. Полученные результаты выступят теоретической базой для дальнейшей разработки информационной системы, позволяющей автоматизировать и контролировать процессы, связанные с закупками компонентов для производства, а также вести оперативный контроль материальных потоков в производственном процессе с возможностью построения по результатам деятельности различных видов отчетов для упрощения принятия решений руководством предприятия.

**Библиографические ссылки**

1. Ловчикова Е. И. Тенденции и тренды рынка пищевой и перерабатывающей промышленности в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 6 (88). С. 106–113.

2. Кладиев С. Н. Обзор и критический анализ современного состояния и путей развития технологического процесса добычи нефти электроприводным способом в прерывистых режимах эксплуатации мало- и среднедебитных скважин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334, № 8. С. 220–231.

3. Малышев Д. А. Экономико-математические модели процессов достижения высоких результатов деятельности предприятий пищевой промышленности // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2022. № 9. С. 57–60. DOI 10.37882/2223-2974.2022.09.19. EDN OTSJWT.

4. Дробышевская Л. Н., Исаева Л. А. Пути повышения конкурентоспособности предприятий хлебопекарной отрасли в условиях санкций // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 12-1. С. 53–57.

5. Автоматизированная система контроля и учета материальных потоков на сахарном заводе / В. Н. Назаров, А. А. Третьяков, Р. В. Воронков, Ан. А. Третьяков // Цифровизация агропромышленного комплекса : сборник научных статей III Международной научно-практической конференции. Тамбов, 2022. С. 405–408.

6. Шеремет А. Д., Негашев Е. В. Методика финансового анализа деятельности коммерческих организаций : практическое пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : ИНФРА-М, 2024. 208 с.

7. Лысенко В. В. Оценка рисков финансовой устойчивости предприятий на основе моделей распределения вероятностей динамики финансовых показателей // Теоретическая экономика. 2018. № 3 (45). С. 71–80. EDN YPTVBR.

8. Карпенко К. В. Оценка финансовой устойчивости организации: поиск эффективного метода оценки // Научные междисциплинарные исследования : сборник статей XV Международной научно-практической конференции. М., 2021. С. 158–167.

9. Назаренко Г. В., Алиев С. А. Анализ и оценка финансовой устойчивости предприятия как инструмент повышения эффективности его функционирования // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2019. № 1 (65). С. 132–138.

10. Мизиковский И. Е. Мониторинг расхода материалов на производство продукции промышленными предприятиями // Учет. Анализ. Аудит. 2023. Т. 10, № 1. С. 55–63.

11. Дмитренко Е. А., Антоненко Н. Г. Контроль производственных материальных ресурсов на предприятиях // Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 11. С. 248–255.

12. Ревин В. Д. Технология внутреннего контроля за состоянием и использованием материальных ресурсов // Ключевые позиции и точки развития экономики и промышленности: теория и практика : сборник мате-

риалов III Международной научно-практической конференции. Липецк, 2023. С. 537–540.

13. Мизиковский И. Е. Мониторинг расхода материалов на производство продукции промышленными предприятиями // Учет. Анализ. Аудит. 2023. Т. 10, № 1. С. 55–63.

14. Степченко А. Д., Зеленина А. Н. Содержание системы управления производственными запасами на предприятии // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2023. № 4 (47). С. 14–15.

15. Обзор концепций управления запасами от простейших технико-экономических моделей до методов интегрального управления запасами / В. С. Антипенко, Н. С. Бабич, Л. М. Касименко, Н. С. Николаева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 7. С. 27–32.

**References**

1. Lovchikova E.I. [Trends and tendencies of the food and processing industry market in Russia]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaistve*. 2022. No. 6. Pp. 106–113 (in Russ.).

2. Kladiev S.N. [Review and critical analysis of the current state and development paths of the technological process of oil production by electric drive method in intermittent modes of operation of low- and medium-flow wells]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2023. Vol. 334, no. 8. Pp. 220–231 (in Russ.).

3. Malyshev D. A. [Economic and mathematical models of processes for achieving high performance results in food industry enterprises]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo*. 2022. No. 9. Pp. 57–60 (in Russ.). DOI 10.37882/2223-2974.2022.09.19. EDN OTSJWT.

4. Drobyshevskaya L.N., Isaeva L.A. [Ways to improve the competitiveness of bakery enterprises in the context of sanctions]. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava*. 2023. No. 12-1. Pp. 53–57 ().

5. Nazarov V.N., Tret'yakov A.A., Voronkov R.V., Tret'yakov An.A. *Avtomatizirovannaya sistema kontrolya i ucheta material'nykh potokov na sakharnom zavode* [Automated system for monitoring and accounting of material flows at a sugar factory]. *Tsifrovizatsiya agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik nauchnykh statei III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. Digitalization of the agro-industrial complex: collection of scientific articles of the III International scientific and practical conference]. Tambov. 2022. Pp. 405–408 (in Russ.).

6. Sheremet A.D., Negashev E.V. *Metodika finansovogo analiza deyatel'nosti kommercheskikh organizatsii: prakticheskoe posobie. 2-e izd., pererab. i dop* [Methodology of financial analysis of commercial organizations]. Moscow : INFRA-M, 2024. 208 p. (in Russ.).

7. Lysenko V.V. [Assessment of risks of financial stability of enterprises based on probability distribution models of financial indicator dynamics]. *Teoreticheskaya ekonomika*. 2018. No. 3. Pp. 71–80 (in Russ.). EDN YPTVBR.

8. Karpenko K.V. *Otsenka finansovoi ustoichivosti organizatsii: poisk effektivnogo metoda otsenki* [Assessing the financial stability of an organization: finding an effective assessment method] // *Nauchnye mezhdistsiplinarnye issledovaniya. sbornik statei XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. Scientific interdisciplinary research: collection of articles from the XV International scientific and practical conference]. Moscow, 2021. Pp. 158-167 (in Russ.).

9. Nazarenko G.V., Aliev S.A. [Analysis and assessment of the financial stability of an enterprise as a tool for increasing the efficiency of its functioning]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINKh)*. 2019. No. 1. Pp. 132-138 (in Russ.).

10. Mizikovskii I.E. [Monitoring the consumption of materials for the production of products by industrial enterprises]. *Uchet. Analiz. Audit*. 2023. Vol. 10, no. 1. Pp. 55-63 (in Russ.).

11. Dmitrenko E.A., Antonenko N.G. [Control of production material resources at enterprises]. *Aktual'nye voprosy sovremennoi ekonomiki*. 2021. No. 11. Pp. 248-255 (in Russ.).

12. Revin V.D. *Tekhnologiya vnutrennego kontrolya za sostoyaniem i ispol'zovaniem material'nykh*

*resursov* [Technology of internal control over the state and use of material resources]. *Klyuchevye pozitsii i tochki razvitiya ekonomiki i promyshlennosti: teoriya i praktika. sbornik materialov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. Key positions and points of development of the economy and industry: theory and practice: collection of materials of the III International scientific and practical conference]. Lipetsk, 2023. Pp. 537-540 (in Russ.).

13. Mizikovskii I.E. [Monitoring the consumption of materials for the production of products by industrial enterprises]. *Uchet. Analiz. Audit*. 2023. Vol. 10, no. 1. Pp. 55-63 (in Russ.).

14. Stepchenkov A.D., Zelenina A.N. [Contents of the production inventory management system at the enterprise]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologii*. 2023. No. 4. Pp. 14-15 (in Russ.).

15. Antipenko V.S., Babich N.S., Kasimenko L.M., Nikolaeva N.S. [Review of inventory management concepts from the simplest technical and economic models to integrated inventory management methods]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2022. No. 7. Pp. 27-32 (in Russ.).

\* \* \*

### Control of Production Process Material Flows

*D. A. Aizenshtat*, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*D. E. Dokuchaev*, Senior Lecturer, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*S. V. Smirnov*, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*The article considers mathematical models and algorithms for material flowcontrol in production. Production of bakery goods and downhole equipment are taken as areas of application. Limitations, associated with the specifics of production entities in each area are described, in particular, effective utilization of enterprise warehouse reserves to ensure production process alterations to adapt the plan to market variability in terms of the supply cost and price levels of the manufactured products. It is proposed to automate the enterprise activities related to delivery order placement for interaction with suppliers, taking into account various factor alterations, as well as a reporting module application for situation assessment and making out reports, simplifying the work of enterprise and department managers related to decision-making. The operational control of material flows during production is considered. The concept of production material flowcontrol is introduced as a comparison of raw material amount intended for the product manufacturing, the amount of raw material standard costs in product production within the framework of the main production plan and the available corresponding raw material reserves. The problem of material resource control is solved. The conclusions obtained during the study will serve as the basis for the information system development, that includes the compiling a list of materials, accounting of finished product in the warehouse, as well as accounting for ingredients unutilized during the production and remaining in warehouses, creation of a consumed material register and accounting of documents, the system will allow entering data in real time mode.*

**Keywords:** numerical methods, linear programming, MRP, food processing, well equipment.

Получено: 17.06.24

#### Образец цитирования

*Айзенштат Д. А., Докучаев Д. Е., Смирнов С. В.* Контроль материальных потоков производственных процессов // Интеллектуальные системы в производстве. 2024. Т. 22, № 4. С. 32–36. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-4-32-36.

#### For Citation

*Aizenshtat D.A., Dokuchaev D.E., Smirnov S.V.* [Control of material flows of production processes]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2024, vol. 22, no. 4, pp. 32-36. DOI: 10.22213/2410-9304-2024-4-32-36.