

Повышение эффективности процесса приема зерна с автотранспорта на зерновом элеваторе

Гольденберг Сергей Петрович

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: gsp@mgurp.ru

Максимов Алексей Сергеевич

кандидат технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: maksimov@mgurp.ru

Лапуть Анна Павловна

доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: lapus_ann@rambler.ru

Логунова Нина Юрьевна

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: logunina@yandex.ru

Вопрос управления процессом приема зерна на элеваторе продолжает находиться в центре внимания научной общественности. Особенно это касается вопросов в области моделирования процессов и информатизации зернового производства. В рассматриваемой работе показано влияние особенностей реализации описанных процессов на грузооборот зерна на элеваторе и приведен анализ возможностей их улучшения. Особое внимание уделено моделированию и оптимизации условий проведения описанных процессов, а также анализа производства, выбора оптимальных решений по управлению исследуемыми процессами. Приведенный анализ позволит не только максимально увеличить грузооборот зерна на элеваторе, но и улучшить использование производственных мощностей элеваторов и повысить эффективность производства. В статье рассмотрен подход к проблеме управлению приемом зерна на элеваторе, который базируется на объективной оценке выбора оптимального варианта ведения процесса. Он основан на использовании предложенной целевой функции. Эти обстоятельства позволили авторам по новому рассмотреть динамику процесса и сделать несколько важных открытий, которые позволяют несколько по новому подойти к пониманию процесса приема зерна на элеваторе и сделать целый ряд выводов, важных для практики производства. Таким образом, описав математически процесс приема зерна на элеваторе, в зависимости от основных параметров процесса и их взаимосвязь, была получена система уравнений, которая описывает взаимосвязь между входными, выходными и управляющими параметрами процесса приема зерна на элеваторе. Поставлена и решена задача оптимизации процесса приема зерна на элеваторе. По полученным результатам сделан вывод, что для повышения эффективности работы элеватора рекомендуется вести процесс приема зерна на элеваторе в оптимальном режиме, при этом, за критерий оптимальности необходимо выбрать описанный в работе критерий.

Ключевые слова: моделирование процесса приема зерна на элеваторе, оптимизация процесса приема зерна на элеваторе, критерии оптимизации, параметрическая модель объекта управления, обобщенный критерий, распределение транспортных потоков, целевая функция решения задачи оптимизации, экстремум целевой функции, критерий оптимальности

Производство зерна носит сезонный характер. Большие массы зерна накапливаются в очень короткие сроки, исчисляемые днями. Потребление же зерна происходит ежедневно в течение года. Следовательно, необходимо иметь запасы зерна, которые удовлетворяли бы ежедневную потребность в зерне и продуктах его переработки всех потребителей (Электронный фонд правовой и нормативно технической документации, 2009).

Зерно необходимо собрать и подготовить к хранению. Послеуборочная обработка зерна направлена на приведение убранный с полей зерновой массы в стойкое при хранении состояние. Полный цикл послеуборочной обработки включает в себя следующие основные мероприятия: приемку и формирование партий зерна, очистку его от примесей, сушку и активное вентилирование.

Послеуборочную обработку зерна ведут, как правило, на промышленных (крупных) предприятиях по обработке и хранению зерна.

Материалы и методы

Параметрическая модель

В результате анализа концептуальной модели системы «Элеватор» была разработана параметрическая модель системы, представленная на Рисунке 1.

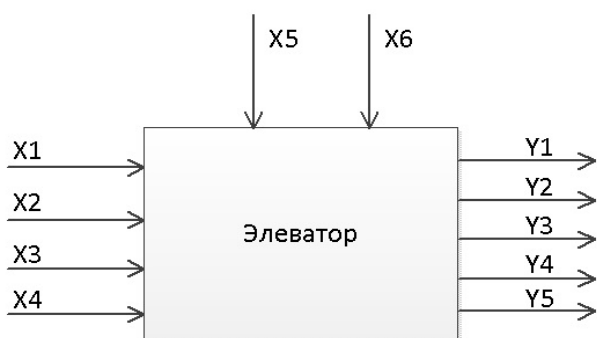


Рисунок 1. Параметрическая модель системы «Элеватор».

- X₁-количество свободно места в силосе, тонны
- X₂-масса партии зерна, тонны
- X₃-качество партии зерна,
- X₄ - мощность по сушке зерна, тонн/час
- X₅-мощность по очистке, тонн/час
- X₆-количество разновидностей культур партий зерна, шт.
- Y₁- время хранения зерна, дни

- Y₂- масса отпущенного зерна, т
- Y₃- себестоимость хранения зерна, тыс. руб.
- Y₄- себестоимость подработки зерна, тыс. руб.
- Y₅- грузооборот зерна при приеме, тыс. руб.

В результате обработки экспериментальных данных с использованием методов многофакторного корреляционно-регрессионного анализа, были получены уравнения зависимостей выходных величин от основных входных величин (формула 10, являющихся наиболее значимыми для исследуемой системы. Значимость проверялась по коэффициенту эластичности.

$$Y_k = \frac{\prod_{i=1}^6 \left(\sum_{j=0}^2 a_{ijk} * X_i^j \right)}{y_{\text{эк. ср}}^5}, k \in \overline{1,6} \quad (1)$$

где:

- X₁ - количество свободного места в силосе, т.
- X₂ - масса партии зерна, тонны
- X₃ - качество партии зерна
- X₄ - мощность по сушке зерна, тонн/час
- X₅ - мощность по очистке, тонн/час
- X₆ - количество разновидностей культур партий зерна, шт.
- Y₁- время хранения зерна, дни
- Y₂- масса отпущенного зерна, тонны
- Y₃- себестоимость хранения зерна, тыс. руб.
- Y₄- себестоимость подработки зерна, тыс. руб.
- Y₅- грузооборот зерна при приеме, тыс. руб.

Величина Y_k является одной из выходных величин в зависимости от коэффициентов уравнения.

Таким образом, описав математически работу системы планирования приема зерна при управлении элеватором в зависимости от основных параметров системы, была получена система уравнений, которая описывает взаимосвязь между входными, выходными и управляющими параметрами системы управления элеватора.

Для повышения эффективности процесса приема зерна с а/м необходимо поставить и решить задачу оптимизации. Для этого выберем несколько критериев оптимизации, исследовав которые мы сможем выбрать один обобщенный, использование которого даст наилучший эффект с точки зрения оптимизации процесса планирования. За обобщенный критерий оптимизации примем:

Критерии оптимальности:

- Y_1 - время хранения зерна, дни
 - Y_2 - масса отпущенного зерна, тонны
 - Y_3 - себестоимость хранения зерна, тыс. руб.
 - Y_4 - себестоимость подработки зерна, тыс. руб.
 - Y_5 - грузооборот зерна при приеме, тыс. руб.
- (2)
- $Y_1 \rightarrow \min$
 - $Y_2 \rightarrow \max$
 - $Y_3 \rightarrow \min$
 - $Y_4 \rightarrow \min$
 - $Y_5 \rightarrow \max$

Обобщенный критерий оптимальности W_1 :

Постановка задачи оптимизации планирования приема зерна с автотранспорта

$$W_1 = \frac{Y_2 + Y_5}{Y_1 + Y_3 + Y_4} \rightarrow \max \quad (3)$$

Математическая постановка оптимизационной задачи

$$W_1 = \frac{Y_2 + Y_5}{Y_1 + Y_3 + Y_4} \rightarrow \max_D \quad (4)$$

$$D \in \begin{cases} 32 \leq X_1 \leq 250 \\ 32 \leq X_2 \leq 128 \\ 0.1 \leq X_3 \leq 1 \\ 10 \leq X_4 \leq 13 \\ 10 \leq X_5 \leq 150 \\ 1 \leq X_6 \leq 6 \end{cases} \quad (5)$$

Технологическая постановка задачи

Технологическое описание критерия: получить максимальное количество отпущенного зерна и максимальный грузооборот при приеме, при минимальном времени хранения, минимальной себестоимости хранения, и минимальной себестоимости подработки.

Словесная постановка задачи

Найти такие значения $x \in \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_6\}$ при которых обобщенный критерий W стремится к максимуму, при выполнении ограничений, наложенных на область D . Задача решается методом

неопределенных множителей Лагранжа (теорема Куна-Такера). Для решения можно использовать пакет «EUREKA».

Прежде чем сформулировать и решать задачу многопараметрической оптимизации, необходимо было провести исследования, которые позволили бы сделать вывод о наличии оптимума. Для этого были построены частные графики, отражающие зависимость критерия от двух входных параметров при фиксированном значении остальных. Примеры таких графиков приведены ниже (Рисунок 2, Рисунок 3, Рисунок 4):

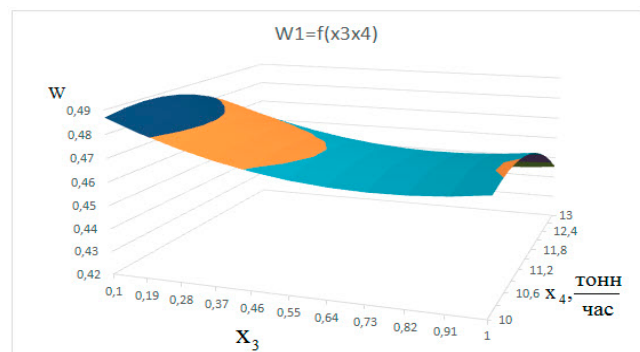


Рисунок 2. Зависимость критерия W_1 от x_3, x_4 .

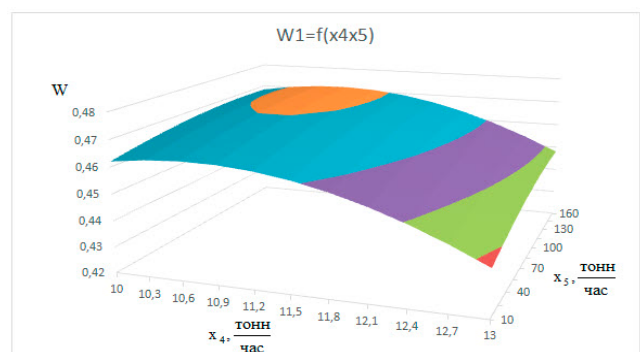


Рисунок 3. Зависимость критерия W_1 от x_4, x_5 .

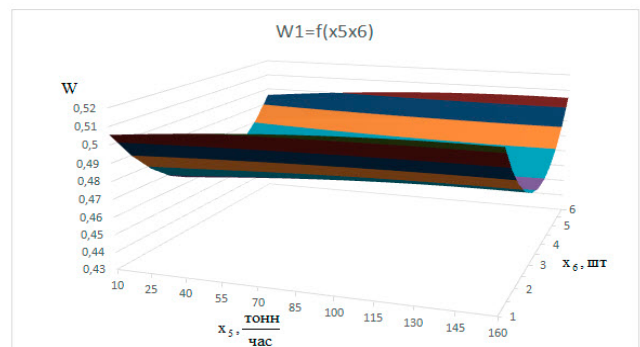


Рисунок 4. Зависимость критерия W_1 от x_5, x_6 .

Из приведенных выше графиков явно видно, что процесс носит выраженный экстремальный

характер, а значит, мы имеем право на постановку и решение оптимизационной задачи.

что они являются математической моделью данного процесса (Кафаров, Перов, Мешалкин, 1974).

Результаты и их обсуждение

Результаты решения задачи оптимизации (используется пакет Eureka)

$w = 0,60912017$; $x_1 = 32,000317$; $x_2 = 32,000023$;
 $x_3 = ,99999768$; $x_4 = 10,764884$;
 $x_5 = 17,935152$; $x_6 = 1,0000000$

Аналогично описанной выше методики были проанализированы еще четыре обобщенных критерия

В результате были получены такие значения исследуемых параметров процесса приема зерна с автотранспорта, при которых выбранный критерий достигает оптимума, при выполнении наложенных на область допустимых значений ограничений.

При изменении исходной изначальной ситуации результаты решения задачи должны быть пересчитаны.

Для оценки эффективности, описанные выше обобщенные критерии оптимизации необходимо привести к единому «знаменателю».

В Таблице 1 представлены сводные данные по обобщенным критериям оптимизации.

В результате мы получили математические уравнения, адекватно описывающие процесс приема зерна с автотранспорта. Из этого следует,

Провели анализ пяти обобщенных критериев оптимизации и выяснили, что наилучшая эффективность процесса достигается при использовании четвертого обобщенного критерия оптимизации, так как при проведении процесса с использованием данного критерия оптимизации грузооборот зерна за год является максимальным.

Предлагаемая авторами методика принятия управленческих решений является инновационной по сравнению с предлагаемыми другими авторами, описывающими аналогичные системы. Так, в работах Абрамовой Н. А., Кацко И. А., Черноуцкого И. Г., управленческое решения принимается с использованием экспертной системы, что не исключает влияние человеческого фактора на процесс принятия решения (Абрамова, 2007). В работах Новицкого В. О., Карпова В. И., Мышенкова К. С., Моревского А. С., Хорикова С. А. управленческое решение принимается с применением такого математического аппарата, как оптимизация по Паретто, т.е. решение выбирается из множества возможных, а не единственно возможное, как в предлагаемой выше методике (Морецкий, Новицкий, 2007; Новицкий, 2009а, 2009б, 2010).

Заключение

Создана автоматизированная система научных исследований, представляющая собой алгоритмическую базу для комплексного

Таблица 1
 Сводные данные по обобщенным критериям оптимизации

W	количество свободного места в силосе, т.	масса партии зерна, тонны	качество партии зерна	мощность по сушке зерна, тонн/ час	мощность по очистке, тонн/час	количество разновидностей культур партий зерна, шт.	время хранения зерна, дни	грузооборот зерна при приеме, тыс. руб.	грузооборот зерна за год, тыс. руб.
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1	Y5	
W1 = 0,60912	32	32	0,99	10,76	17,93	1	271	117,26	157,9332
W2 = 0,5528	33,49	32,01	0,1	12,79	18,77	6	281	126,65	164,5098
W3 = 0,0005	72,76	67,8	0,996	11,34	134,84	5,999	252	97,74	141,5679
W4 = 1,640	32	32	0,1	13	90,20	1	275	128,39	170,4085
W5 = 0,498	118,49	121,10	1	10	78,33	1	262	99,30	138,3378

исследования процесса приема зерна с автотранспорта. Эта система была использована для математического моделирования процесса, его последующей оптимизации и проведения экспериментов на ЭВМ (Адлер, Маркова, Грановский, 1976).

Анализ литературных данных показал, что при изменении условий протекания процесса приема зерна с автотранспорта годовой грузооборот зерна на элеваторе значительно меняет свой показатель. Поэтому, необходимо создать условия, которые приведут к максимальному увеличению годового грузооборота зерна на элеваторе. Исследования показали, что при неизменной схеме приема зерна с автотранспорта, не всегда будет достигаться максимально возможный результат (Гольденберг, 2012).

В процессе работы установлено, что существует такая область допустимых значений основных параметров процесса приема зерна с автотранспорта, при которых возможен выбор оптимального грузооборота зерна на элеваторе (Соколов, 2014).

Как показали исследования, изменяя значения основных параметров процесса приема зерна с автотранспорта в данной системе, можно повлиять на эффективность исследуемого процесса. Следовательно, используя поставленную задачу оптимизации применительно к данной системе, мы получаем оптимальные решения.

Таким образом, можно рекомендовать промышленности перерасчитывать задачу оптимизации при изменении исходной технологической ситуации для повышения эффективности процесса приема зерна с автотранспорта.

Так, как уровень развития современной вычислительной техники позволяет нам проводить подобные расчеты в течение нескольких минут, то можно рекомендовать операторам использовать данную систему для эффективного управления процессом в режиме реального времени.

Литература

- [1] Электронный фонд правовой и нормативно технической документации / Постановление от 19 ноября 2009 года N 1374 О долгосрочной целевой Программе развития элеваторной промышленности Тамбовской области на 2010-2012 годы / [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/948005766/> (дата обращения: 04.03.2018)
- [2] Кафаров В. В., Перов В. А., Мешалкин В. П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. М.: Химия, 1974. 344 с.
- [3] Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 254 с.
- [4] Гольденберг С. П. Информатизация технологических процессов на примере сахарного производства. Сборник научных трудов МГУПП. М.: ИК МГУПП, 2012. С. 25-34
- [5] Соколов В. А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 2014. 401 с.
- [6] Абрамова Н. А. О развитии когнитивного подхода к управлению слабоструктурированными объектами и ситуациями // Сб. трудов «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2007). VII Межд. научно-практич. конф. «Управление большими системами – 2007». М.: Изд-во ИПУ, 2007, С. 9-15.
- [7] Моревский А. С., Новицкий В. О. Разработка систем поддержки принятия решений для управления эффективностью бизнеса зерновых компаний // Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации: Сб. докл. V юбилейной школы-конф. с междунар. участ. М.: Изд. комплекс МГУПП, 2007. С. 362–366.
- [8] Новицкий В. О. Исследование объектов и постановка задач управления для зерновых и зерноперерабатывающих компаний на основе методологии системного анализа // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XIII Международной науч.-практ. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2009а. С. 311-315.
- [9] Новицкий В. О. Разработка банка математических моделей задач управления для зерноперерабатывающих предприятий // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XIV Международной науч.-практ. конф. Ч. 1. СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та. 2010. С. 140-141.
- [10] Новицкий В. О. Системный подход к управлению на предприятиях и в компаниях по хранению и переработке зерна // Хлебопродукты. 2009b. №7. С. 54-56.

Improving the Efficiency of the Process of Receiving Grain from Vehicles on the Grain Elevator

Sergey P. Goldenberg

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: gsp@mgupp.ru*

Aleksey S. Maksimov

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: maksimov@mgupp.ru*

Anna P. Lapus

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: lapus_ann@rambler.ru*

Nina Yu. Logunova

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: logunina@yandex.ru*

The question of management of process of intake of grain on an elevator continues to be in the center of attention of scientific community. Especially it concerns questions in the field of modeling of processes and informatization of grain production. In the considered work influence of features of realization of the described processes on grain goods turnover on an elevator is shown and the analysis of opportunities of their improvement is provided. Special attention is paid to modeling and optimization of conditions of carrying out the described processes and also the analysis of production, the choice of optimal solutions on management of the studied processes. The provided analysis will allow not only to increase as much as possible grain goods turnover on an elevator, but also to improve use of production capacities of elevators and to increase production efficiency. In article approach to a problem by management of intake of grain on an elevator which is based on objective assessment of the choice of an optimal variant of conducting process is considered. It is based on use of the offered criterion function. These circumstances have allowed authors on new to consider dynamics of process and to make several important discoveries which allow several on new to approach understanding of process of intake of grain on an elevator and to draw a number of the conclusions important for practice of production. Thus, having described mathematically process of intake of grain on an elevator, depending on key parameters of process and their interrelation, the system of the equations which describes interrelation between the entrance, output and operating parameters of process of intake of grain on an elevator has been received. The task of optimization of process of intake of grain on an elevator is set and solved. By the received results the conclusion is drawn that for increase in overall performance of an elevator it is recommended to conduct process of intake of grain on an elevator in the optimum mode, at the same time, for criterion of optimality it is necessary to choose the criterion described in work.

Keywords: modeling of process of intake of grain on an elevator, optimization of process of intake of grain on an elevator, criterion of optimization, parametrical model of an object of management, the generalized criterion, distribution of traffic flows, criterion function of the solution of a problem of optimization, an extremum of criterion function, criterion of optimality

References

[1] Elektronnyj fond pravovoj i normativno

tekhnicheskoy dokumentacii [Electronic Fund of legal and normative technical documentation] / Postanovlenie ot 19 noyabrya 2009 goda N 1374 O dolgosrochnoj celevoj Programme razvitiya

- ehlevatornoj promyshlennosti Tambovskoj oblasti na 2010-2012 gody / [Electronic resource] URL: <http://docs.cntd.ru/document/948005766/> (data obrashcheniya: 04.03.2018).
- [2] Kafarov V. V., Perov V. A., Meshalkin V. P. Principy matematicheskogo modelirovaniya himiko-tekhnologicheskikh sistem [Principles of mathematical modeling of chemical and technological systems]. Moscow: Himiya. 1974. 344 p.
- [3] Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskij Yu. V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh uslovij [Experiment planning in search of optimal conditions]. Moscow: Nauka, 2014. 254 p.
- [4] Goldenberg S.P. Informatizaciya tekhnologicheskikh processov na primere saxarnogo proizvodstva. Sbornik nauchnykh trudov MGUPP [Informatization of technological processes on the example of sugar production. Collection of scientific papers]. Moscow: IK MGUPP, 2012. P. 25-34
- [5] Sokolov V. A. Avtomatizaciya tekhnologicheskikh processov pishhevoj promyshlennosti [Automation of technological processes of the food industry]. Moscow: Agropromizdat, 2014. 401 p.
- [6] Abramova N. A. O razvitii kognitivnogo podhoda k upravleniyu slabostrukturirovannymi ob'ektami i situatsiyami [On the development of a cognitive approach to the management of semi-structured objects and situations]. Proceedings of "Cognitive analysis and management of the development of situations", (CASC'2007) VII Int. scientific and practical conf. «Management of large systems - 2007». Moscow.: Publishing house IPU, 2007, 9-15.
- [7] Morevsky A. S., Novitsky V. O. Razrabotka sistem podderzhki prinyatiya reshenij dlya upravleniya ehffektivnost'yu biznesa zernovykh kompanij [Development of decision support systems for managing the business efficiency of grain companies] // High-performance food technologies, methods and means for their implementation: Sat. report V anniversary school-conf. from Intern. part. Moscow: Izd. complex MGUPP, 2007. P. 362-366.
- [8] Novitsky V. O. Issledovanie ob'ektov i postanovka zadach upravleniya dlya zernovykh i zernopererabatyvayushchih kompanij na osnove metodologii sistemnogo analiza [Investigation of objects and setting management tasks for grain and grain processing companies based on the system analysis methodology]. System analysis in design and management: Collection of scientific papers of the XIII International Scientific and Practical University Conf. Part 1. SPb.: Publishing House Polytechnic. University, 2009. P. 311-315.
- [9] Novitsky V. O. Razrabotka banka matematicheskikh modelej zadach upravleniya dlya zernopererabatyvayushchih predpriyatij [Development of a bank of mathematical models of control problems for grain processing enterprises]. System analysis in design and management: Collection of scientific papers of the XIV International Scientific and Practical. Conf. Part 1. SPb.: Publishing House Polytechnic. Univ. 2010. P. 140-141.
- [10] Novitsky V. O. Sistemnyj podhod k upravleniyu na predpriyatiyah i v kompaniyah po hraneniyu i pererabotke zerna [System approach to management in enterprises and companies for the storage and processing of grain]. Khleboprodukty, 2009, no. 7, 54-56.