

НОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СЕРИЯ «Технические науки»

3-4 (37-38) 2015

Научный журнал

Издается с марта
2011 года

ISSN 2221-9552 (Print)

• Выходит один раз в месяц •

Учредитель:

© 2015 ООО «Коллоквиум»

ул. Первомайская, 136 «А».
г. Йошкар-Ола,
Республика Марий Эл,
424002, Россия,

Тел/Факс +7 987 70 988 34
8 (8362) 65-44-01.

E-mail: ujourn@gmail.com.

Web: // www.universityjournal.ru.

Все поступившие статьи проходят
обязательное рецензирование.
Авторы несут ответственность за
оригинальность своих статей и
содержащиеся в них сведения.
Мнение издательства может не
совпадать с мнением
авторов статей.

НОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
индексируется:

Science index, Universal Impact
Factor {UIF}, Google scholar, Open
Academic Journals Index (OAJI),
EBSCO, Directory of Research
Journal Indexing (DRJI),
Ulrich's Periodicals Directory.

Все статьи доступны для
свободного некоммерческого
использования на сайте журнала
www.universityjournal.ru.

Главный редактор *А. В. Бурков*

Редакционная коллегия:

А.В. Бурков, д-р. экон. наук, доцент, *Россия*.
Е.А. Мурзина, канд. экон. наук, доцент, *Россия*.
А.В. Затонский, д-р. техн. наук, профессор, *Россия*.
Н.В. Митюков, д-р. техн. наук, доцент, *Россия*.
В.В. Носов, д-р. экон. наук, профессор, *Россия*.
Л.В. Лукненко, д-р. техн. наук, доцент, *Россия*.
Т.В. Яляльева, канд. экон. наук, доцент, *Россия*.
К.В. Дядюн, канд. юрид. наук, доцент, *Россия*.
В.В. Вышкварцев, канд. юрид. наук, доцент, *Россия*.
Т.А. Магсумов, канд. истор. наук, профессор РАЕ, *Россия*.
О.В. Белоус, канд. психол. наук, доцент, *Россия*.
И.Д. Котляров, канд. экон. наук, доцент, *Россия*.
Н.Е. Назарова, канд. техн. наук, доцент, *Россия*.

Международный редакционный совет:

А. Анка Аламилльо, д-р. естествознания, профессор, *Испания*.
А.Х. Аймаганбетова, д-р психолог. наук, профессор, *Казахстан*.
Е.Е. Блинова, д-р психолог. наук, профессор, *Украина*.
К.З. Вачева, д-р. архитектуры, профессор, *Болгария*.
И.В. Древаль, д-р. архитектуры, профессор, *Украина*.
Н.П. Крадин, д-р. архитектуры, профессор, заслуженный архитектор
России, член-корреспондент Российской академии архитектуры и
строительных наук, *Россия*.
К.Р. Крауфорд, д-р. естествознания (натуральной истории), профессор,
США.
З. Фрифогель, доктор богословия, *Германия*.
В.Н. Полищев, д-р. истории, профессор, *Республика Молдова*.
Е.И. Ремизова, д-р. архитектуры, профессор, *Украина*.
Н.М. Насыбуллина, д-р. фармацев. наук, профессор, *Россия*.
Л.И. Фалюшина, д-р. педаг. наук, доцент, *Россия*.
Г. Велковска, д-р. экон. наук, доцент, *Болгария*.
О.Н. Кондратьева, д-р. фил. наук, доцент, *Россия*.
Р.И. Олексенко, канд. экон. наук, доцент, *Украина*.
Г.А. Мамедова, канд. химич. наук, старший научный сотрудник,
Азербайджан.
К.И. Курпаяниди, канд. экон. наук, доцент, *Узбекистан*.
Т.С. Воропаева, канд. психол. наук, доцент, *Украина*.

NEW UNIVERSITY

Technical sciences

International peer reviewed
science journal

3-4 (37-38) 2015

Has been issued
since 2011

ISSN 2221-9552 (Print)

• *Journal is issued monthly* •

Publisher

© 2015 Published by Colloquium
Ltd.

Pervomayskaya, 136A, Yoshkar-Ola,
Mari El, 424002 Russia

Tel/Fax: +7 987 70 988 34

E-mail: ujourn@gmail.com

Web: <http://www.universityjournal.ru>

All articles are subject
to compulsory peer reviews.
The mission of our journal is to reveal
the level of the modern researcher's
scientific knowledge.

NEW UNIVERSITY
is included on the following
index/abstracting/library:
Science index, Universal Impact
Factor {UIF}, Google scholar, Open
Academic Journals Index (OAJI),
EBSCO, Directory of Research
Journal Indexing (DRJI),
Ulrich's Periodicals Directory.

Available online at
www.universityjournal.ru.

Editor in Chief **A. V. Burkov**

Editorial Board

A.V. Burkov, Doctor of Economics, Associate Professor, *Russia*
E.A. Murzina, Candidate of Economics, Associate Professor, *Russia*
A.V. Zatonsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, *Russia*
N.V. Mitiukov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, *Russia*
V.V. Nosov, Doctor of Economics, Professor, *Russia*
L.V. Lukienko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, *Russia*
T.V. Yalyalieva, Candidate of Economics, Associate Professor, *Russia*
K.V. Dyadyun, Candidate of Law, Associate Professor, *Russia*
V.V. Vyshkvartsev, Candidate of Law, Associate Professor, *Russia*
T.A. Magsumov, Candidate of History, Professor, *Russia*
O.V. Belous, Candidate of Psychology, Associate Professor, *Russia*
I.D. Kotlyarov, Candidate of Economics, Associate Professor, *Russia*
N.E. Nazarova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, *Russia*

International Editorial Board

A. Anca Alamillo, Doctor of natural history, Professor, *Spain*.
A.H. Aymaganbetova, Doctor of Psychology, Professor, *Kazakhstan*
E.E. Blinova, Doctor of Psychology, Professor, *Ukraine*
K.Z. Vacheva, Doctor of Architecture, Professor, *Bulgaria*
I.V. Dreval, Doctor of Architecture, Professor, *Ukraine*
N.P. Kradin, Doctor of Architecture, Professor, Honored Architect of Russia,
Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Building
Sciences, *Russia*.
K.R. Crawford, Doctor of natural history, Professor, *USA*.
Z. Freivogel, Doctor of Divinity, German Society for the Maritime and Naval
History, *Germany*
V.N. Polivtsev, Doctor of History, Professor, *Republic of Moldova*.
E.I. Remizova, Doctor of Architecture, Professor, *Ukraine*.
N.M. Nasybullina, Doctor of Pharmaceutics, Professor, *Russia*.
L.I. Falyushina, Doctor of Pedagogy, Associate Professor, *Russia*.
G. Velcovska, Doctor of Economics, Professor, *Bulgaria*.
O.N. Kondratieva, Doctor of Philology, Associate Professor, *Russia*
R.I. Oleksenko, Doctor of Economics, Professor, *Ukraine*.
G.A. Mamedova, Candidate of Chemistry, Senior Research Officer, *Azerbaijan*
K.I. Kurpayanidi, Candidate of Economics, Associate Professor, *Uzbekistan*.
T.S. Voropaeva, Candidate of psychological sciences, Associate Professor,
Ukraine.

УДК 681.513.675:664.1.03

Н.С. Романов,* В.Д. Кишенько**

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ПРОЦЕССАМИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИВА**

Рассмотрены причины возникновения многокритериальности при управлении таким сложным объектом как пивзавод. Проведен анализ технологических процессов производства пива как сложной системы. Рассмотрена постановка задачи многоцелевого управления с выделением целей функционирования предприятия и методов многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: сценарии управления, многокритериальная оптимизация, ранжирование критериев, частичные критерии, неопределенность.

Эффективное управление таким сложным объектом как пивзавод возможно при условии учета всех его особенностей: высокий уровень неопределенности, которая проявляется в оценке технологических параметров, особенно показателей качества продукции и полуфабрикатов, сложность поведения из-за явления перемежаемости, то есть в чередовании детерминированных технологических режимов из стохастическими и хаотичными, наличия многих целей управления, которые имеют динамическую приоритетность и зависят от производственных ситуаций, а также оценка некоторых критериев управления, которая осуществляется в нечеткой форме.

Также технологическому комплексу пивзавода присуща многокритериальность из-за того, что эффективность ведения технологического процесса определяется качеством готового продукта (который должен соответствовать нескольким показателям), технологическими потерями, производительностью [1].

Для пивзавода выделены следующие цели его функционирования: повышение качества продукции, производительности технологических линий, уменьшение потерь. Выходной контролируемый параметр, характеризующий степень достижения подцели поставленной цели, будем называть критерием [2].

К факторам, влияющим на качество можно отнести: физико-химические показатели воды, качественные показатели проращенного солода, качественные показатели товарного солода, показатели лабораторного сусла, качество хмеля, качество помола зернопродуктов, степень измельчения зернопродуктов, параметры затирки зернопродуктов, степень (качество) фильтрации сусла, степень осветления сусла, прозрачность сусла, качество пропагации дрожжей, степень сбраживания, качество фильтрации пива.

Задача оптимизации процесса приготовления пива рассматривалась в рамках сценарного подхода. Ниже приведен А-сценарий управления технологическим комплексом (ТК) пивзавода (Рис. 1).

© Романов Н.С., Кишенько В.Д., 2015.

DOI: 10.15350/2221-9552.2015.3-4

* Романов Николай Сергеевич – аспирант, ассистент, кафедра автоматизации процессов управления, Национальный университет пищевых технологий (Украина).

** Кишенько Василий Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор, кафедра автоматизации процессов управления, Национальный университет пищевых технологий (Украина).

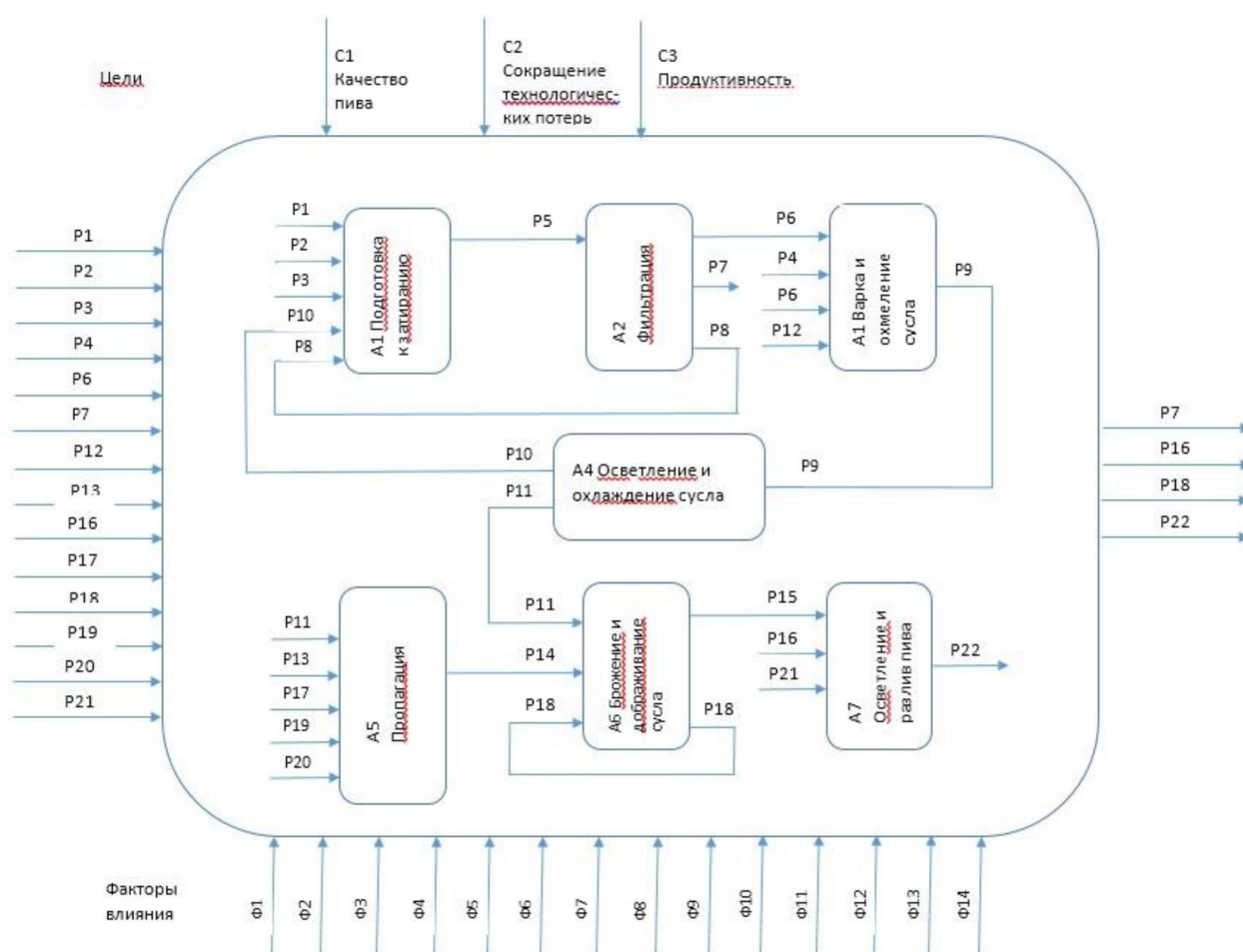


Рис. 1. А-сценарий управления ТК пивзавода

Здесь Р-основные объектные потоки, С-цели, которых необходимо достичь, Ф-факторы, влияющие на качество готового продукта [3].

При использовании нескольких критериев в задачах оптимизации:

- снимается проблема неопределенности выбора оптимального технического решения;
- отпадает необходимость в декомпозиции комплексной оптимизации режимов;
- обеспечивается улучшение режима в целом по вектору критериев, характеризующих надежность (устойчивость), качество, экономичность.

Одной из причин многокритериальности является необходимость обеспечения оптимальности технологических параметров объекта при различных условиях его функционирования, то есть обеспечение экстремальных значений критерия оптимальности при неопределенности условий, в которых приходится работать. При этом неопределенность может иметь или количественный характер, выраженный с помощью параметра v , что приводит к задаче оптимизации

$$\min_{\vec{x} \in D_x} Q(\vec{x}, v) \text{ для всех } v \in [v^-, v^+] , \quad (1)$$

или качественный характер, связанный с указанием конкретных условий функционирования. В последнем случае эффективность и качество работы для каждого режима могут определяться различным критерием оптимальности.

Если неопределенность функционирования имеет количественный характер, то задача

оптимизации сводится к задаче векторной оптимизации путем дискретизации критерия оптимальности $Q(\vec{x}, \nu)$ по параметру ν и рассматривается за частными критериями оптимальности функций

$$Q_i(\vec{x}) = Q(\vec{x}, \nu_i), \text{ где } \nu_i \in [\nu^-, \nu^+] \quad (2)$$

Такой подход к задаче оптимального функционирования позволяет учитывать влияние внешних факторов (температуры, влажности и т.д.) на критерий оптимальности и ограничения управления.

Проблема выбора в сложных системах управления касается в первую очередь формирования функциональной, технической структуры, программного и информационного обеспечения. С этой точки зрения выбор является целенаправленной деятельностью для определения наилучшего варианта с использованием современной техники. В сложных системах управления определить лучший вариант решения с помощью формализованных методов не удастся, то есть выбор всегда принимается в условиях неопределенности, когда задача плохо структурирована. Процедура выбора в сложных системах предусматривает применение специальных методов: привлечение мнений экспертов с использованием нечеткой логики, применение компьютерных подсистем поддержки принятия решений, учета множества вариантов. В основе всякого выбора лежит понятие критерия, причем он должен быть таким, чтобы несколько критериев можно было оценить количественно и отдать предпочтение одному из них, а если это невозможно, то привлекается качественный критерий и теория нечетких множеств. Если обозначить вариант системы управления через P , который принадлежит множеству этих вариантов, тогда критерий должен обеспечить экстремум

$$I(p) \rightarrow \text{extr} \quad (3)$$

Часто задача сводится к так называемой аргументной, когда лучший вариант p^* является аргументом $\text{extr } I(p)$

$$p^* = \arg \text{extr } I(p), p \in P \quad (4)$$

При синтезе сложной системы управления всегда существует множество критериев

$$I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}, \quad (5)$$

т.е. это вектор, по которому оценивается выбор на разных этапах разработки системы. При этом часто возникают противоречивые требования

$$I_i \rightarrow \min, \quad (6)$$

а

$$I_j \rightarrow \max. \quad (7)$$

Такая задача относительно производства не имеет решения, например, когда I_j – выпуск продукции, а I_i – расходы. В таких условиях, когда требования к системе управления противоречат друг другу, применяются методы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной: линейная свертка, мультипликативный подход, $\min$ - $\max$ критерий, использование контрольных показателей, метод заданного приоритета, метод гибкого приоритета, метод "справедливого компромисса".

Управление технологическими процессами приготовления пива представляет собой многошаговый процесс принятия решений. Каждый шаг в процедуре выбора решения связан с определенной целевой функцией управления и представляет собой набор управляющих воздействий для i -го участка приготовления пива [4].

Решение многокритериальной задачи по своей природе компромиссное и основано на субъективной информации. Процесс нахождения решения состоит из двух этапов: сначала происходит распознавание ситуации, а затем, с помощью заложенных сценариев осуществляется формирование оптимального управления в соответствии с критериями управления технологическими процессами приготовления пива.

Постановка задачи оптимального управления технологическими процессами приготовления пива в общем виде:

$$F = \max_{Q^i \in R^n} F, A_j^i \leq A_j^i \leq A_j^i \quad (8)$$

где R^n - пространство параметров состояния; $A_j^i \leq A_j^i \leq A_j^i$ - область допустимого изменения параметров, причем $A_j^i = \text{"ниже_нормы"}$, $A_j^i = \text{"выше_нормы"}$.

Согласно методу достижимых целей [5] оптимального результата можно достичь при условии нахождения минимального значения γ , для которого верна следующая система неравенств:

$$\begin{cases} P(x1, x2) - K_p \gamma \leq P_0 \\ K(x1, x2) - K_k \gamma \leq K_0 \\ W(x1, x2) - K_w \gamma \geq W_0 \end{cases} \quad (9)$$

При ограничениях:

"ниже_нормы" < x1 < "выше_нормы",

"ниже_нормы" < x2 < "выше_нормы",

где P_0, K_0, W_0 - ожидания при поиске оптимального значения производительности, качества и удельных расходов ресурсов соответственно. Фактически данные значения определяют точку в пространстве критериев к которой должно стремиться оптимальное решение.

K_p, K_k, K_w - соответствующие весовые коэффициенты, которые определяют насколько близко должно быть решение к оптимальному результату. Чем ближе значение весового коэффициента к нулю, тем более важным является критерий для поиска оптимального решения.

Приводим неравенство (9) к виду:

$$\begin{cases} (P(x1, x2) - P_0) / K_p \leq \gamma \\ (K(x1, x2) - K_0) / K_k \leq \gamma \\ (W(x1, x2) - W_0) / K_w \geq \gamma \end{cases} \quad (10)$$

Итак, данная задача была решена методом minmax:

оптимальные значения x1 и x2 найдены при

$$\gamma = \min \max \frac{F_i(X1, X2) - F_{io}}{K_i} \quad (11)$$

где $F_i(X1, X2)$ - значение целевой функции в текущий момент времени; F_{io} - ожидаемое значение целевой функции; K_i - весовой коэффициент [6].

Программа получения оптимального значения работает по следующему алгоритму. Сначала строим двумерный массив, в каждой ячейке которого находится структура, содержащая значения критериев и параметров. Значения параметров ведется с координат ячейки в двумерном массиве. При расчете значений критериев в ячейке γ рассчитывается по формуле (10), то есть в одной ячейке γ записывается как максимальное значение для всех критериев внутри этой ячейки. Однако, при расчете всех ячеек программа запоминает наименьшее значение γ и координаты внутри двухмерного массива той ячейки, где γ приобретает наименьшее значение. Данный алгоритм был реализован в среде Matlab с помощью функции MINMAX [7].

В результате реализации алгоритма достижимых целей получены следующие значения основных параметров, при которых будет осуществляться многоцелевое управление: экстрактивность 75,12%, влажность солода 14,38%, общая кислотность суслу 1,21, число Кольбаха 38,53.

При различных условиях управления оптимальные значения режимных параметров будут меняться. Для обеспечения оптимальности следует требовать, чтобы решение по одной схеме компромиссов выполнялось строго, а остальные модели удовлетворялась при условии его выполнения.

Выводы

При многоцелевом управлении могут возникнуть ситуации, когда улучшение по одному критерию ведет за собой негативные изменения по другим критериям. Разработаны алгоритмы многоцелевого управления на основе ситуационной приоритетности критериев и нечетких ограничений.

В дальнейшем полученные результаты планируется использовать для создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений, что позволит повысить качество готового продукта и уменьшить материальные и энергетические потери.

Библиографический список

- [1] Кунце, В. Технология солода и пива : пер. с нем. / В. Кунце, Г. Мит. – СПб : Изд-во "Профессия", 2001. – 912 с.
- [2] Кулинич А. А. Система моделирования плохо определенных нестационарных ситуаций // Труды второй международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуации». – М.: ИПУ РАН. – 2002. – С. 44-50.
- [3] В.Л. Шульц, В.В. Кульба, А.Б. Шелков, И.В. Чернов Методы планирования и управления технологической безопасностью на основе сценарного подхода // Национальная безопасность / nota bene. – 2013. – № 2. – С. 198-216. DOI: 10.7256/2073-8560.2013.02.1.
- [4] Halsall-Whitney H. and Thibault J. (2006). Multi-Objective Optimization for Chemical Processes and Controller Design: Approximating and Classifying the Pareto Domain. Computers Chem. Eng. 30, 1155-1168.
- [5] Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2005. – 304 с. – ISBN 5-9221-0045-9.
- [6] Renaud J., Thibault J., Lanouette R., Kiss L.N., Zaras K. and Fonteix C., (2007). Comparison of Two Multicriteria Decision Aid Methods: Net Flow and Rough Set Methods in a High Yield Pulp Process. EJOR, 177, 1418-1432.
- [7] Трифонов А.Г. Многокритериальная оптимизация: [Электронный ресурс]. — Режим доступа http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php

UDC 681.513.675:664.1.03

N.S. Romanov, V.D. Kishenko

MULTICRITERIA CONTROL OF BEER PRODUCTION PROCESSES

Causes of multicriteriality in control process of such a complex object as a brewery considered. The analysis of the technological processes of production of beer as a complex system was made. We consider the formulation of the problem of multitarget control and allocation of the business objectives and methods of multicriteria optimization.

Keywords: *control scenarios, multicriteria optimization, criteria ranking, partial criteria, uncertainty.*