

УДК 691+666.97

DOI 10.22213/2413-1172-2018-2-167-172

**КОНЦЕПЦИЯ СУБЪЕКТНО ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА  
АССОРТИМЕНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**В. А. Харитонов**, доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

**Д. Н. Кривоги́на**, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

*Обосновывается несостоятельность современной парадигмы управления технологическим процессом производства ассортимента строительных материалов, строящейся на установлении нормативных требований к характеристикам материала и наладке производственных процессов под эти требования. Доказывается актуальность перехода к новому обоснованному производству ассортимента строительных материалов, предназначенному для изготовления конкретных типов строительных конструкций.*

*Предлагаемый процесс отличается учетом функционального назначения и условий эксплуатации конструктивных элементов в объекте недвижимости и последующей формализацией данных требований к характеристикам строительного материала. Модель множества альтернатив строительного материала предлагается получить путем проведения ортогонального эксперимента в области варьирования выбранных параметров управления производственным процессом по заданной технологии. Процесс выбора оптимального строительного материала на представленном множестве альтернатив предлагается осуществлять на основе учета мнений потребителя и производителя в отношении конечного продукта. Также в соответствии с данной концепцией предлагается разработка алгоритмов решения задачи субъектно ориентированной многокритериальной оптимизации, работа которых направлена на поиск оптимальной для участников рынка производства альтернативы строительного материала в соотношении цены и качества.*

*При оценке эффективности предложенного ассортиментного подхода в решении задачи оптимизации технологического процесса производства строительных материалов доказываемость целесообразности обоснованного расширения множества существенных, имеющих перспективу использования альтернатив материала за счет обоснованного выхода за область проведения ортогонального эксперимента.*

**Ключевые слова:** многоальтернативность, ассортимент строительных материалов, строительные конструкции, технологический процесс производства, алгоритмы оптимизации, многокритериальные задачи управления, субъектно ориентированное ценообразование.

**Введение**

**П**ри создании объекта недвижимости (ОН) используется определенное множество строительных конструкций (СК), традиционно изготавливаемых на основе единого строительного материала (СМ) по заданной технологии [1, 2], характеристики которого должны строго соответствовать некоторым ограничениям в виде нормативных требований, устанавливаемых соответствующей документацией (СНиП, ГОСТ, ТУ и др.). В случае возникновения непредвиденных помех на технологической линии производства строительных материалов (ТПП СМ) или использования сырьевых компонентов с нестабильным качеством про-

цесс удержания характеристик в допустимой области возможен за счет целенаправленного управления параметрами ТПП СМ [3]. Таким образом, в современном строительстве обеспечиваются определенные гарантии качества применяемой продукции. Отсюда можно сделать вывод, что сложившаяся парадигма управления ТПП СМ основана на установлении области нормативных требований к характеристикам СМ и удержании в ней реальных технологических процессов [4].

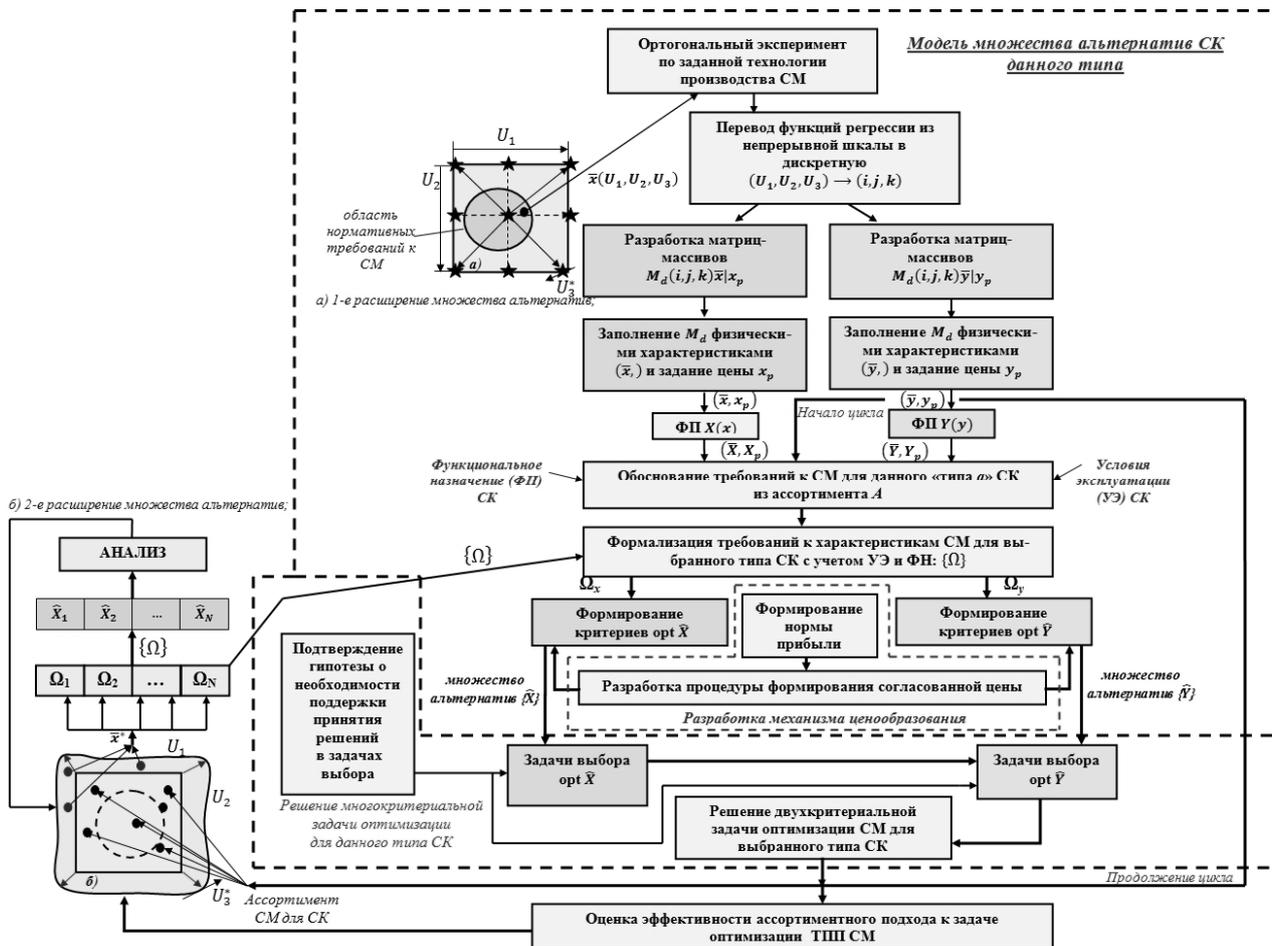
**Разработка концепции субъектно ориентированной оптимизации ТПП СМ**

В соответствии с данной парадигмой ТПП СМ естественно предположить, что каждый

фактически выпускаемый СМ становится универсальным для всех строительных конструкций одного типа независимо от их функционального назначения (ФН) и условий эксплуатации (УЭ). Такой подход позволяет избежать сложного анализа конструктивных схем в ОН при обосновании выбора типа строительных материалов для строительных конструкций, соответствующего конкретным задачам строительства, так как весь полученный материал считается универсальным. Однако следует заметить, что используемые при строительстве СК в дальнейшем будут принимать на себя значительно отличающиеся друг от друга нагрузки и подвергаться различным эксплуатационным воздействиям. Таким образом, строительный материал, характеристики которого входят в установленную область нормативных требований, не является оптимальным по совокупности своих свойств для любой строительной конструкции, так как в каждом конкретном случае можно обнаружить избыточность или недостаток отдельных качественных параметров СК по сравнению с желаемыми. Последствия исполь-

зования СМ с неоптимальным набором качественных характеристик могут привести к снижению эксплуатационных параметров СК в конструктиве здания [5].

В связи с этим становится актуальным производство ассортимента СМ, предназначенного для изготовления конкретных типов (ассортиментных единиц)  $a$  СК. Проектирование конкретных типов  $a$  СК необходимо осуществлять на основе индивидуального учета всех нагрузок и воздействий, воспринимаемых каждой отдельной СК в соответствии с ее функциональным назначением в ОН. Затем по формализованным требованиям к характеристикам материала осуществляется подбор технологического процесса для ее изготовления. Эффективность нового подхода к обоснованию требований, предъявляемых к производимым СМ в рамках единой технологии изготовления, следует связывать с новыми идеями в области автоматизации и управления ТПП СМ [6]. Решение данной задачи представлено разработкой инновационной концепции субъектно ориентированной оптимизации и управления ТПП ассортимента СМ (рисунок).



Концепция субъектно ориентированной оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов

### Построение модели множества альтернатив ТПП СМ

Во главе предлагаемой концепции лежит построение модели множества альтернатив ТПП СМ, полученной на основе проведения ортогонального эксперимента в области варьирования выбранных параметров управления ТПП  $(U_1, U_2, U_3)$  по заданной технологии и получение функций отклика (уравнений регрессии) для каждой востребованной характеристики материала  $\bar{x}$ , зависящей от изменения параметров управления  $(U_1, U_2, U_3)$  ТПП СМ [7].

Однако задачи оптимизации ТПП СМ, как правило, не имеют аналитического решения, а строятся на основе выбора наиболее предпочтительных вариантов среди представленного конечного множества альтернатив. Поэтому есть необходимость перехода от непрерывных математических форм к дискретным. Для этого нужно установить дискретные шкалы, в нашем случае  $(i, j, k)$  для параметров управления ТПП  $(U_1, U_2, U_3)$ , что фактически означает переход к дискретным шкалам уравнений регрессии:  $(U_1, U_2, U_3) \rightarrow (i, j, k)$ .

Для описания множества альтернатив строительного материала необходимо построить базовые универсальные матрицы – массивы  $M_d$  с предварительным определением и установкой для них шага дискретности

$$\Delta \bar{x} = \left[ \bar{x}^{\max} \right] \dots \left[ \bar{x}^{\min} \right].$$

В заполненных характеристиками матрицах-массивах  $M_d$  в соответствии с шагом дискретности  $\Delta \bar{x}$  каждая альтернатива СМ приобретает соответствующие индивидуальные номера ячеек  $(i, j, k)$  с дискретными значениями параметров состава смеси. Шаг дискретности первоначально устанавливается для матриц-массивов потребителя, а затем автоматически переносится на матрицы-массивы производителя.

Следует отметить, что участники рынка производства имеют различное представление о привлекательности конечного продукта и, как следствие, по-разному интерпретируют существенные характеристики материала. Поэтому в соответствии с предлагаемой концепцией необходима разработка двух отдельных групп матриц-массивов –  $M_d(i, j)_k \bar{y} | y_p$  и  $M_d(i, j)_k \bar{x} | x_p$ . Массивы, предназначенные для заполнения техническими характеристиками производителя

$M_d(i, j)_k \bar{y}$  и потребителя  $M_d(i, j)_k \bar{x}$ , заполняются в соответствии с результатами ортогонального эксперимента, а матрицы-массивы  $M_d(i, j)_k y_p$ ,  $M_d(i, j)_k x_p$  – ценой, полученной на основе анализа рынка реализации строительных материалов. Однако характеристики СМ, представленные в матрицах-массивах производителя и потребителя, имеют различие в размерности аргументов, которое является существенным препятствием в оценке привлекательности конкретного СМ каждым участником технологического процесса. Данное различие предлагается устранить за счет применения механизма СОУ [8], позволяющего перевести значения физических характеристик материала из фазового пространства в безразмерное квалитетическое пространство  $Q$  с помощью разработки и построения участниками рынка производства функций приведения (ФП) к стандартной шкале комплексного оценивания – к интервалу [1, 4], дискретные значения которого интерпретируются следующим образом: 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо», 4 – «отлично» [9].

Дальнейшие действия по подбору оптимального ТПП СМ для изготовления каждой ассортиментной единицы  $a$  из ассортимента  $A$  СК с учетом ФН и УЭ индивидуальны и поэтому представлены в виде цикла.

Данный цикл начинается с обоснования требований к строительным конструкциям на основе ФН и УЭ и последующей формализацией этих требований к характеристикам материала  $\Omega$  ( $\Omega$  – формализованные требования к характеристикам СМ). Требования к СК в ОН должны строго соответствовать требованиям, предъявляемым к самим зданиям и сооружениям в отношении долговечности, огнестойкости, виброустойчивости и т. д. [10, 11]. Для этого нужно произвести расчет каждой СК в ОН с определением необходимых и достаточных свойств в соответствии с ее ФН и УЭ, обеспечивающих надежность, безопасную работу под действием внешних нагрузок, прочность, жесткость и устойчивость. Затем на основе последующей формализации этих требований к характеристикам материала  $\Omega$  произвести подбор оптимального технологического процесса производства СМ.

В соответствии с предложенным подходом подбор оптимального ТПП СМ необходимо осуществлять на основе решения многокритериальной задачи выбора строительного материала из множества альтернатив, представленных матрицами-массивами  $M_d(i, j)_k \bar{y} | y_p$

и  $M_d(i, j)_k \bar{x}|x_p$ , по результатам применения процедуры комплексного оценивания уровня привлекательности каждой альтернативы для потребителя и производителя. Однако в обычной практике необходимые для комплексного оценивания данные, касающиеся цены производимого или потребляемого продукта, труднодоступны, поэтому целесообразно разработать процедуру формирования согласованной цены на основе механизма субъектно ориентированного ценообразования [12]. Данный механизм позволяет находить согласованную цену  $p$  в случае участия в процессе ценообразования лиц с различными предпочтениями. Процесс нахождения «справедливой цены» строится на применении процедуры нахождения согласованных решений, отличающейся наилучшим соблюдением интересов всех участников торга и строящейся на развитии принципов активной неманипулируемой экспертизы [13] и обобщенной медианы [14].

Дальнейшая задача оптимизации сводится к построению автоматизированной процедуры поиска наилучшего решения на построенном множестве. В основе данной процедуры лежит разработка алгоритмов, позволяющих осуществлять поиск необходимых альтернатив из представленного множества на основе формализованных требований к характеристикам СМ. Предлагаемые алгоритмы строятся на применении известных подходов к постановке задач многокритериальной оптимизации [15]. В соответствии с первым подходом один из критериев принимается важным и максимизируется  $\Omega_1(x) \rightarrow \max$ , а остальные игнорируются. При втором подходе главный критерий максимизируется  $\Omega_1(x) \rightarrow \max$ , на остальные накладываются ограничения:  $\Omega_2(x) \geq C_2, \Omega_3(x) \geq C_3, \dots, \Omega_m(x) \geq C_m$ , где  $C_2, \dots, C_m$  – минимально допустимые показатели характеристик СМ для типа  $a$  из ассортимента  $A$ . Третий подход применим в том случае, когда сложно определить главный критерий  $\max \Omega_1(x), \Omega_2(x), \dots, \Omega_m(x)$ ,  $x \in \bar{x}$ , и основывается на использовании линейной свертки, имеющей вид

$$\sum_{k=1}^m \lambda_k \frac{\Omega_k(x)}{\max \Omega_k(x)} \rightarrow \max,$$

где  $\lambda_k > 0$ ;  $\sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$  – весовые коэффициенты относительно значимости каждой характеристики.

В основе «процедуры» перечисления искоемых многокритериальных задач предлагается использовать принцип поэтапного усложнения обстоятельств оптимизации потребителя и производителя при приоритете предпочтений потребителя, касающихся качественных параметров готовой продукции. Работа алгоритмов направлена на поиск оптимальных ТПП СМ в соответствии с критериями оптимизации  $opt \hat{X}$  в матрицах-массивах потребителя. А затем по критериям оптимизации  $opt \hat{Y}$  в матрицах-массивах производителя определяется наиболее экономически выгодный ТПП СМ.

Выполняемая по завершении цикла оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации ТПП СМ [16] приводит к целесообразности расширения множества существенных, имеющих перспективу использования альтернатив ТПП СМ, за счет расширения области варьирования выбранных параметров управления ТПП ( $U_1, U_2, U_3$ ) и обоснованного выхода за область ортогонального эксперимента.

### Выводы

В заключение отметим, что представленные в работе результаты свидетельствуют о несостоятельности современной парадигмы управления ТПП СМ, строящейся на установлении нормативных требований к характеристикам материала и удержании в ней производственного процесса, и доказываются необходимость выхода ТПП за рамки данных требований. В связи с этим имеет целесообразность расширения множества существенных, имеющих перспективу использования альтернатив, за счет обоснованного производства ассортимента строительных материалов, предназначенного для изготовления конкретных типов строительных конструкций. Данный подход предлагается осуществлять на основе учета требований по функциональному назначению и условиям эксплуатации к каждой отдельной конструкции в объекте недвижимости и последующей формализацией этих требований к характеристикам материала, предназначенного для ее изготовления. В соответствии с предложенной концепцией задача оптимизации ТПП СМ основывается на построении процедуры поиска наилучшего технологического процесса производства строительного материала из представленного множества альтернатив на основе полного учета мнений потребителя и производителя, а также поиска согласованной цены.

## Библиографические ссылки

1. Модель изменения параметров технического состояния механического оборудования бетонорастворных комплексов на основе критерия интенсивности износа / И. Н. Кравченко, Н. И. Салиев, Д. В. Герасимов, Д. А. Бумарсков // Механизация строительства. 2014. № 2(836). С. 46–50.
2. Литвинова Ю. В. Тенденции развития и пути создания новых строительных материалов // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 2. С. 48–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8
3. Концепция автоматизации и управления технологическим процессом производства газобетона автоклавного твердения / В. А. Шаманов, С. В. Леонтьев, В. А. Голубев, В. А. Харитонов // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. № 2. С. 225–228.
4. Guo F., Chang-Richards Y., Wilkinson S., Cun Li T. (2014). *Int. J. of Project Management*, vol. 32, pp. 815-826.
5. Алгоритм принятия коллективных решений в рамках ситуационного центра промышленного предприятия / А. В. Вожаков, М. Б. Гитман, В. Ю. Столбов, А. С. Елисеев // Прикладная математика и вопросы управления. 2015. № 2. С. 63–74.
6. Инструментальные средства соединения креативности и технологичности в задачах субъектно-ориентированного управления / В. А. Харитонов, А. В. Вычегжанин, Д. Н. Кривогина, А. М. Гревцев, Н. И. Сафонов // Управление экономическими системами. 2017. № 7(101). URL: <http://uecs.ru/marketing/item/4474-2017-06-27-08-20-00> (дата обращения: 13.02.2018).
7. Гитман М. Б., Столбов В. Ю., Федосеев С. А. Математическая модель управления качеством продукции // Качество в обработке материалов. 2014. № 1. С. 21.
8. Алексеев А. О., Коргин Н. А. О применении обобщенной медианной схемы для матричной активной экспертизы // Прикладная математика, механика и процессы управления : материалы междунар. науч.-практ. конф. (17–19 ноября 2014 г.). М. : Ин-т проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН. 2014. С. 138–141.
9. Харитонов В. А., Геїхман Л. К., Кривогина Д. Н. Механизмы субъектно ориентированного ценообразования в задачах управления венчурными проектами // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2017. Т. 12, № 1. С. 61–77. DOI: 10.17072/1994-9960-2017-1-61-77.
10. Alvaro de Gracia, Luisa F. Cabeza (2015). *Energy and Buildings*, vol. 103, pp. 414-419.
11. Moreno P., Solé C., Castell A., Cabeza L. F. (2014). *Renewable Sustainable Energy Rev.*, vol. 39, pp. 1-13.
12. Харитонов В. А., Геїхман Л. К., Кривогина Д. Н. Указ. соч.
13. Там же.
14. Алексеев А. О., Коргин Н. А. Указ. соч.
15. Инструментальные средства соединения креативности и технологичности в задачах субъектно-ориентированного управления...
16. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М. : Московский психолого-социальный институт, 2005. 581 с.

## References

1. Kravchenko I. N., Saliaev N. I., Gerasimov D. V., Bumarskov D. A. (2014). Model of changing the parameters of the technical state of mechanical equipment of concrete-based solutions based on the criterion of wear intensity. *Mekhanizatsiia stroitel'stva* [Mechanization of construction], no. 2(836), pp. 46-50 (in Russ.).
2. Litvinova Yu. V. (2017). Trends in development and ways to create new building materials. *Grado-stroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture], vol. 7, no. 2, pp. 48-52. DOI: 10.17673/Vestnik.2017.02.8 (in Russ.).
3. Shamanov V. A., Leont'ev S. V., Golubev V. A., Kharitonov V. A. (2015). The concept of automation and control of the technological process for producing autoclaved aerated concrete. *Nauchno-tehnicheskii vestnik Povolzh'ia* [Scientific and Technical Herald of the Volga Region], no. 2, pp. 225-228 (in Russ.).
4. Guo F., Chang-Richards Y., Wilkinson S., Cun Li T. (2014). *Int. J. of Project Management*, vol. 32, pp. 815-826.
5. Vozhakov A. V., Gitman M. B., Stolbov V. Iu., Eliseev A. S. (2015). Algorithm for making collective decisions within the context of a situational center of an industrial enterprise. *Prikladnaia matematika i voprosy upravleniia* [Applied Mathematics and Management Issues], no. 2, pp. 63-74 (in Russ.).
6. Kharitonov V. A., Vychezhzhanin A. V., Krivogina D. N., Grevtsev A. M., Safonov N. I. (2017). Tools for connecting creativity and manufacturability in tasks of subject-oriented management. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami* [Management of economic systems], no. 7(101), available at <http://uecs.ru/marketing/item/4474-2017-06-27-08-20-00> (accessed February 13, 2018) (in Russ.).
7. Gitman M. B., Stolbov V. Iu., Fedoseev S. A. (2014). Mathematical model of product quality management. *Kachestvo v obrabotke materialov* [Quality in the processing of materials], no. 1, pp. 21.
8. Alekseev A. O., Korgin N. A. (2014). On the application of generalized median schemes for the examination of the active matrix. Proceedings of the *Prikladnaia matematika, mekhanika i protsessy upravleniia*. Moscow: *Institut Problem Upravleniia imeni V. A. Trapeznikova Rossiiskoi Akademii Nauk*, pp. 138-141 (in Russ.).
9. Kharitonov V. A., Geikhman L. K., Krivogina D. N. (2017). Mechanisms of subject-oriented pricing in the tasks of managing venture projects. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika* [Perm University Herald. Economy], vol. 12, no. 1, pp. 61-77. DOI: 10.17072/1994-9960-2017-1-61-77.
10. Alvaro de Gracia, Luisa F. Cabeza (2015). *Energy and Buildings*, vol. 103, pp. 414-419.
11. Moreno P., Solé C., Castell A., Cabeza L. F. (2014). *Renewable Sustainable Energy Rev.*, vol. 39, pp. 1-13.

12. Kharitonov V. A., Geikhman L. K., Krivogina D. N. (2017). Op. cit.  
13. Ibid.  
14. Alekseev A. O., Korgin N. A. (2014). Op. cit.  
15. Kharitonov V. A., Vychezhninin A. V., Krivogina D. N., Grevtsev A. M., Safonov N. I. (2017). Op. cit.  
16. Novikov D. A. (2005). Organizational systems management theory. Moscow: *Moskovskii psihologosocialnii institut* (in Russ.).

### **The Concept of the Subject Focused Optimization of Technological Processes of Production of the Range of Construction Materials**

*V. A. Kharitonov*, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia  
*D. N. Krivogina*, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

*Issues of insolvency of the old paradigm for managing the technological process for the production of an assortment of construction materials, which are being built on the establishment of regulatory requirements for the characteristics of the material and the retention of this production process in it, are discussed. The urgency of the transition to a new reasonable production of a range of building materials designed for the manufacture of concrete types of building structures and differing in terms of the functional purpose and operating conditions of structural elements in the real estate object and subsequent formalization of these requirements to the characteristics of the material is proved. A model of a set of alternatives for a building material is proposed to be obtained by performing an orthogonal experiment in the range of the selected parameters for controlling the production process using a given technology.*

*The process of selecting the optimal building material on the presented set of alternatives is proposed to be implemented on the basis of taking into account the opinions of the consumer and the producer with respect to the final product. Also, in accordance with this concept, the development of algorithms for solving the problem of subject-oriented multi-objective optimization is proposed, whose work is aimed at finding the optimal alternative for the market participants in the production of an alternative in the ratio of price and quality.*

*When assessing the effectiveness of the proposed assortment approach in solving the problem of optimizing the technological process for the production of building materials, it is proved that it is expedient to reasonably expand a number of material alternatives that are promising for a long-term perspective, due to a justified departure from the area of carrying out the orthogonal experiment.*

**Keywords:** multialternative, assortment of building materials, building structures, technological production process, optimization algorithms, multi-objective management tasks, sub-oriented pricing.

Получено 21.03.2018