

Для цитирования: Байрамуков С.Х., Долаева З.Н., Каппушева М.Б. Динамическое планирование показателей оптимальности энергетической модернизации жилищного фонда. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;43 (4):175-183. DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-175-183

For citation: Bayramukov S.H., Dolaeva Z.N., Kappusheva M.B. Dynamic planning indicators for optimising the energy modernisation of residential housing stock. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;43 (4):175-183. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-175-183

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК: 528.2/3

DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-175-183

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА

Байрамуков С.Х.¹, Долаева З.Н.², Каппушева М.Б.³

¹⁻³Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия,
369000, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36.

¹e-mail: salis_pochta@mail.ru, ²e-mail: dolaeva.zu@mail.ru, ³e-mail: kafedratspism@mail.ru

Резюме: *Цель.* В статье рассматривается проблема оптимизации энергетической модернизации жилищного фонда. **Методы.** Разработана математическая модель оптимизации процесса проведения энергетической модернизации с применением методов динамического программирования. **Результаты.** Предлагаемая методика комплексной оценки эффективности энергосберегающих мероприятий позволяет повысить качество принятия решений по восстановлению жилищного фонда, повышению его энергоэффективности; применение методов математического моделирования позволяет реализовать проект распределения финансовых средств таким образом, что реализация организационно-технологических решений последовательного выполнения мероприятий приведет к максимальному положительному социально-экономическому эффекту. Разработанная математическая модель позволяет максимизировать количество качественного жилья за счет реализации энергосберегающих и других мероприятий при модернизации жилищного фонда. Проанализирована проблема обновления жилищного фонда. Введено понятие энергетической модернизации жилищного фонда. Выделены основные энергосберегающие технологии в модернизации жилья. Приведена схема оптимального распределения средств на проведение энергосберегающих мероприятий. Предположено, что оптимальное решение получено независимо от числа шагов и исходного запаса вкладываемых средств. **Вывод.** Энергетическая модернизация жилищного фонда приводит к снижению затрат граждан на жилищно-коммунальные услуги, способствует повышению интегрального показателя комфортности. На основе приведенной схемы динамического планирования оптимального распределения средств на проведение энергосберегающих мероприятий реализована обобщенная методика оптимального управления жилищным фондом.

Ключевые слова: жилищный фонд, энергетическая модернизация энергоэффективность, оптимизация, динамическое программирование

ECONOMIC SCIENCE

DYNAMIC PLANNING INDICATORS FOR OPTIMISING THE ENERGY MODERNISATION OF RESIDENTIAL HOUSING STOCK

Salis K. Bayramukov¹, Zuriyat N. Dolaeva², Madina B. Kappusheva³

¹⁻³North-Caucasian State Humanitarian and Technological Academy,

36 Stavropolskaya Str., Cherkessk 369001, Russia

¹e-mail: salis_pochta@mail.ru, ²e-mail: dolaeva.zu@mail.ru, ³e-mail: kafedratspism@mail.ru

Abstract: Objectives. In the article, the problem of the optimisation of the energy modernisation of residential housing is examined. **Methods.** A mathematical model for the optimisation of energy use is developed with the use of dynamic programming techniques. **Results.** The proposed method of assessing the effectiveness of comprehensive energy-saving measures can improve the quality of decision-making on housing recovery and increase its energy modernisation. The application of mathematical modeling allows for the distribution of funds to projects so that the implementation of organisational and technological solutions consistently implement measures that will lead to optimal social and economic effects. The developed mathematical model also allows the amount of quality housing to be maximised through the implementation of energy-saving and other measures when upgrading the housing stock. Problems concerning the renovation of housing stock are analysed. The concept of housing energy modernisation is introduced. The principal energy-saving technologies in housing modernisation are distinguished. A schema for the optimal allocation of funds for energy-saving measures is described. It is assumed that the optimal solution is obtained independently of the number of steps and the initial supply of invested capital. **Conclusion.** The energy modernisation of the housing stock leads to a reduction in the expenditures of citizens on housing and utilities services, contributing to an increase in the integral index of comfort. A generalised method for optimal control of the housing stock is implemented on the basis of the provided schema for dynamic scheduling of the optimal distribution of funds for energy-saving measures.

Keywords: housing stock, energy efficiency modernisation, optimisation, dynamic programming

Введение. Развитие и обновление жилищной сферы непосредственно связано с социальной политикой страны, поэтому задача модернизации жилищного фонда является не только актуальной, но и имеет принципиальное значение для ее эффективной реализации [1, 2]. В настоящее время жилищная сфера требует особого внимания со стороны государства, которое должно регулировать процесс ее непрерывного развития.

Проблемы энерго- и ресурсосбережения в жилищной и коммунальной сфере регионов, оптимального процесса управления техническим состоянием жилищного фонда находятся в центре внимания таких исследователей, как В. Я. Мищенко, С.Г. Шеина, Л.Н.Чернышева, Е.Г. Гашо, Д. Вольфберг, Г.Асланян, Г.С. Иванова, В.В. Клименко, и др. Научно-методические основы исследования воспроизводственной политики в жилищной сфере широко отражены в работах С.А. Болотина, А.В. Афанасьева, К.А. Багриновского, О.Э. Бессоновой, А.П. Иванова, Ю.А. Куликова, В.Ф. Касьянова, А.Н. Кирилловой, Н.Б. Косарева, Ю.Н. Кулакова, М.С. Будникова, А.В. Гинзбурга, П.Г. Грабового, Б.В. Прыкина, В.М. Серова, С.Б. Сиваева, С.Р. Хачатряна А.А. Гусакова, Е.А. Гусаковой, Н.И. Ильина, В.Я. Любовного, С.В. Николаева, В.Я. Осташко, и др. [1-7].

В контексте проблемы исследования рассмотрим жилищную сферу как многокритериальную систему, развитие которой зависит от конечного множества факторов. Определение наиболее значимых факторов, влияющих на динамику изменения жилищного фонда, имеет основополагающее значение. Четкое определение этих взаимосвязей внутри рассмат-

риваемой системы ведет к адекватному учету и прогнозированию состояния жилищного фонда.

Постановка задачи. При исследовании вопроса проведения энергетической модернизации объектов жилой недвижимости важно дифференцировать и упорядочить, учитывая при этом экономические показатели, состав и структуру работ. Вместе с тем, постоянно повышается оплата за жилищно-коммунальные услуги, что определяет важность применения при модернизации энерго- и ресурсосберегающих технологий [3]. В связи с этим, оптимальное распределение денежных средств на проведение мероприятий приводит к максимальному положительному социально-экономическому эффекту.

Методы исследования. В решении проблем энергосбережения в жилищном фонде и оптимизации экономических показателей энергоэффективности метод динамического программирования (планирования), основанный американским математиком Р. Беллманом, применяется впервые [8]. Предложенный нами подход позволяет повысить положительный экономический эффект от реализации энергосберегающих мероприятий.

Под понятием энергетической модернизацией жилищного фонда примем проведение энергосберегающих мероприятий в процессе реализации ремонтно-строительных работ при его комплексном обновлении [4]. Заметим, что энергетическая модернизация предполагает внедрение различных видов энергосберегающих технологий в процесс эксплуатации жилищного фонда с целью повышения энергетической эффективности и экономической рентабельности конкретного проекта (рис. 1).

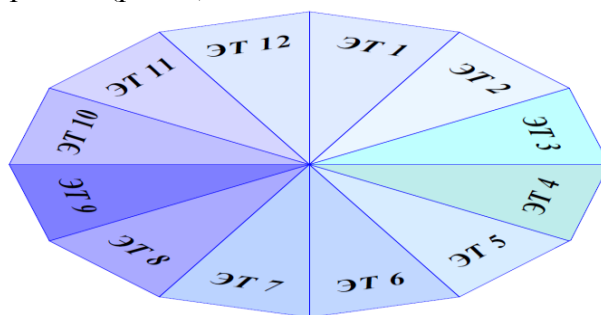


Рис.1. Система энергетической модернизации жилищного фонда
Fig.1. System of energy modernization of housing stock

Экономическая рентабельность мероприятий по энергосбережению напрямую связана с выбором организационно-технологических решений по модернизации жилья и объемом проводимых работ [5, 6].

Выделим следующие виды энергосберегающих мероприятий:

- установка штор из ПВХ-пленки в межрамное пространство окон (ЭТ №1);
- автоматизация освещения в местах общего пользования (ЭТ №2);
- организация автоматизированного теплового пункта (ЭТ №3);
- применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях (ЭТ №4);
- применение автоматических сенсорных смесителей (ЭТ №5);
- улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания (стен) (ЭТ №6);
- улучшение теплозащитных свойств кровли (ЭТ №7);
- утепление наружных дверей (ЭТ №8);
- использование датчиков движения (ЭТ №9);
- монтаж теплоотражающих конструкций за радиаторами отопления (ЭТ №10);
- теплоизоляция (восстановление теплоизоляции) внутренних трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемых подвалах и чердаках (ЭТ №11);
- промывка трубопроводов системы отопления, снижение тепловых и гидравлических потерь за счет удаления внутренних отложений с поверхностей радиаторов и разводящих трубопроводов (ЭТ №12) [4, 7].

В ходе исследования предложено рассмотреть обобщенную задачу планирования работ по проведению энергетической модернизации с использованием двух видов энергосберегающих мероприятий I и II на период m лет.

Количество средств x , вложенное в мероприятие I, дает за один год доход

$$f(x) = A \cdot x \quad (1)$$

и за счет этого уменьшается до

$$\varphi(x) = A' \cdot x. \quad (2)$$

Количество средств y , вложенное в мероприятие II, дает за один год доход

$$g(y) = B \cdot y \quad (3)$$

и уменьшается до

$$\psi(y) = B' \cdot y. \quad (4)$$

Требуется произвести распределение ресурсов Z_0 между проведением мероприятий I и II на каждый год планируемого периода [8, 9].

Условное оптимальное управление x_m^* на последнем шаге (количество средств, выделенное в мероприятие I находится как значение x_m , при котором достигает максимума доход на последнем шаге:

$$W_m^*(Z_{m-1}) = \max_{0 \leq x_m \leq Z_{m-1}} \{w_m(Z_{m-1}, x_m)\},$$

где,

$$w_m(Z_{m-1}, x_m) = A \cdot x_m + B \cdot (Z_{m-1} - x_m) = (A - B) \cdot x_m + B \cdot Z_{m-1}, \quad A \neq B. \quad (5)$$

График функции $w_m = w_m(Z_{m-1}, x_m)$ в зависимости от аргумента x_m изображается при заданном Z_{m-1} некоторым графиком (рис.2).

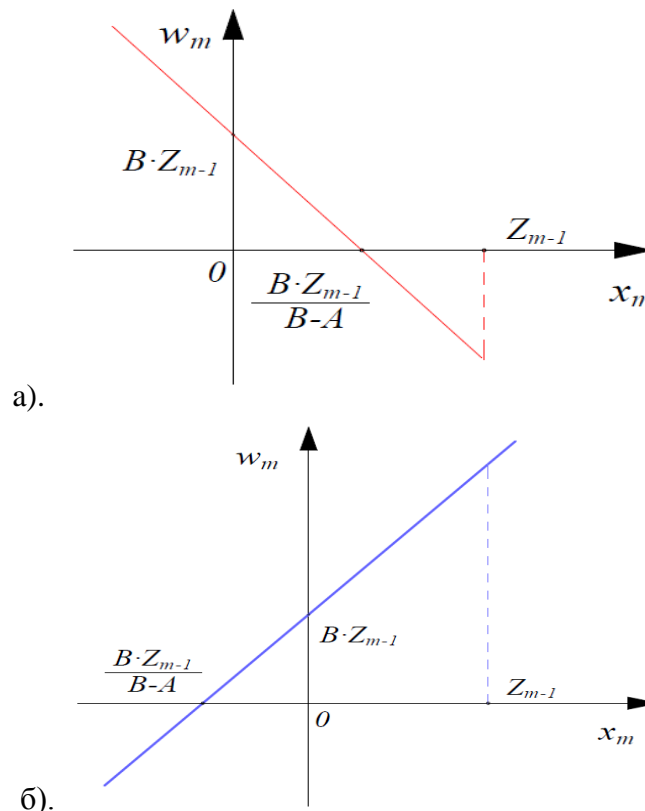


Рис.2. Графики функций $w_m = w_m(Z_{m-1}, x_m)$ а) при $B > A$; б) при $B < A$.

Fig.2. Graphs of functions a) for $B > A$; B) for $B < A$.

Максимальное значение может достигаться только на границах промежутка $(0, Z_{m-1})$. Чтобы определить, на какой именно границе, подставим в формулу (5) $x_m = 0$ и $x_m = Z_{m-1}$.

Исходя из представленных графиков, очевидно, что в случае убывающей функции максимальное значение $w_m = B \cdot Z_{m-1}$ при $x_m = 0$.

Во втором случае, при $x_m = Z_{m-1}$ достигается максимальное значение функции w_m , равное величине $A \cdot Z_{m-1}$ [10 - 12].

Следовательно, максимум дохода на последнем шаге не зависит от Z_{m-1} и ее значение зависит от величин A и B , а это значит, что в начале последнего года все имеющиеся средства нужно вкладывать в мероприятие I при $B < A$ или в мероприятие II при $B > A$.

Это и естественно, так как доход от выбранного мероприятия больше, а затраты средств нас уже не интересует (следующего шага не будет) [13-16].

При этом оптимальном управлении последний год принесет нам доход $w_m = B \cdot Z_{m-1}$ или $w_m = A \cdot Z_{m-1}$.

Перейдем к распределению средств на $(m-1)$ -й год.

Пусть мы подошли к нему с запасом средств Z_{m-2} [15].

Найдем условный максимальный доход за два последних года:

$$W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = \max_{0 \leq x_{m-1} \leq Z_{m-2}} \{A \cdot x_{m-1} + B \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1}) + W_m^*(Z_{m-1})\}$$

$$\text{Но } Z_{m-1} = A' \cdot x_{m-1} + B' \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1})$$

и, следовательно,

$$W_m^*(Z_{m-1}) = B \cdot (A' \cdot x_{m-1} + B' \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1})) \text{ или } W_m^*(Z_{m-1}) = A \cdot (A' \cdot x_{m-1} + B' \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1})).$$

Отсюда получим

$$W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = \max_{0 \leq x_{m-1} \leq Z_{m-2}} \{A \cdot x_{m-1} + B \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1}) + A \cdot (A' \cdot x_{m-1} + B' \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1}))\}$$

или $W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = \max_{0 \leq x_{m-1} \leq Z_{m-2}} \{A \cdot x_{m-1} + B \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1}) + B \cdot (A' \cdot x_{m-1} + B' \cdot (Z_{m-2} - x_{m-1}))\}.$

Выражение в фигурных скобках снова представляет собой полином первой степени относительно x_{m-1} , а его график – прямую линию; функция, исходя из полученных параметров, может быть возрастающей или убывающей (рис. 2.): $x_{m-1} = 0$ и $x_{m-1} = Z_{m-2}$ [9, 17, 18].

В первом случае (при $x_{m-1} = 0$) получим $W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = (B + A \cdot B') \cdot Z_{m-2}$

или $W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = (1 + B') \cdot B \cdot Z_{m-2};$

во втором случае (при $x_{m-1} = Z_{m-2}$) $W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = (1 + A') \cdot A \cdot Z_{m-2}$

или $W_{m-1,m}^*(Z_{m-2}) = (A + A' \cdot B) \cdot Z_{m-2}.$

Откуда ясно, что максимум «дохода» зависит от значений величин: A, B, A', B' .

Перейдем к $(m-2)$ -му шагу. Здесь нужно максимизировать величину $W_{m-2,m-1,m}^*(Z_{m-3})$ по аналогичному принципу.

Таким образом, оптимальное управление будет найдено.

Заметим, что это решение будет получено независимо ни от числа шагов m , ни от исходного запаса средств Z_0 .

Допустим, что для проведения энергетической модернизации жилищного фонда выделяется объем денежных средств C , руб. Для проведения энергетической модернизации выделим 4 укрупнённых вида энергосберегающих технологий ($n=4$). Мероприятия, которые могут быть взаимозаменяемыми, рассматриваются отдельно.

В качестве наиболее важной информации для разработки модели и ее решения, выберем ряд свойств: виды мероприятий и их удельная стоимость; тарифы на оплату коммунальных услуг; энергетическая и экономическая эффективность. Также запланируем создание фонда резервных средств, которые будут использованы на проведение ремонтно-строительных работ, не предусматривающих энергосберегающие эффекты, такие как отделочные работы, работы по обновлению территории вокруг рассматриваемых объектов и другие работы. Накопление средств в создаваемый фонд будет идти в виде процента средств от экономического эффекта энергетической модернизации жилищного фонда.

Обсуждение результатов. На основе предложенного алгоритма и оптимизированного программного комплекса проведен численный эксперимент.

Предложенный алгоритм позволяет определить оптимальный вариант распределения средств. Входные данные для проведения расчета выбраны из нормативных документов, статистических данных о динамике изменения жилищного фонда Карачаево-Черкесской республики. Результаты расчетов приведены в виде диаграммы на рис. 3.

Из представленных в статье графиков (рис. 2 и 3), видно, что любой процесс энергетической модернизации, состоящей из разного количества и качества энергосберегающих мероприятий, можно на основе показателей суммы вложений, оптимизировать за счет распределения средств, приводящих к максимальному экономическому эффекту.

Схема оптимального распределения средств на проведение энергосберегающих мероприятий является эффективной и имеет ряд преимуществ.

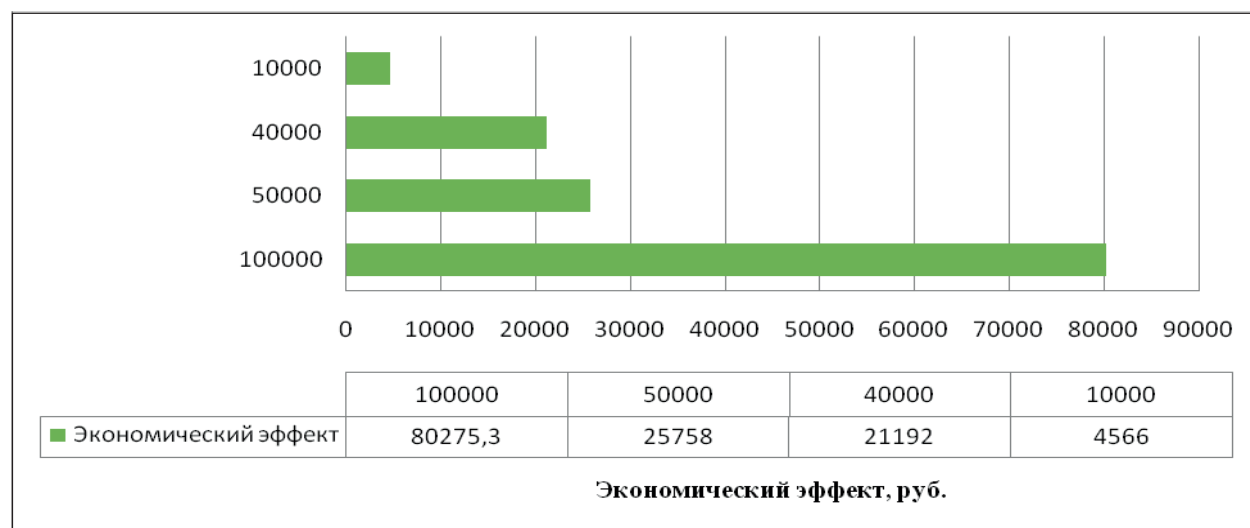


Рис. 3. Схема оптимального распределения выделяемых средств

Fig. 3. Scheme of optimal distribution of allocated funds

Во-первых, по описанной схеме будет найдено оптимальное управление, это решение будет получено независимо от числа шагов и исходного запаса вкладываемых средств.

Во-вторых, предложенная методика комплексной оценки эффективности энергосберегающих мероприятий позволит повысить качество принятия решений по восстановлению жилищного фонда, повышению его энергоэффективности.

Применение методов математического моделирования позволит реализовывать проекты распределения финансовых средств таким образом, что реализация организационно-технологических решений последовательного выполнения мероприятий в жилищной сфере приведет к максимальному положительному социально-экономическому эффекту [19, 20].

Вывод: В настоящее время особое значение приобретает эффективное управление процессом обновления жилищного фонда. Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Установлено, что проведение энергетической модернизации жилищного фонда приводит к понижению затрат граждан на жилищно-коммунальные услуги, способствует повышению интегрального показателя комфортности.

2. На основе приведенной схемы динамического планирования оптимального распределения средств на проведение энергосберегающих мероприятий реализована обобщенная методика оптимального управления жилищным фондом.

3. Установлено, что из возможных вариантов управления энергетической модернизацией жилищного фонда будет однозначно выбрано оптимальное управление независимо от числа шагов и исходного запаса вкладываемых средств.

4. Предложена математическая модель, позволяющая максимизировать количество качественного жилья за счет реализации энергосберегающих и других мероприятий при модернизации жилищного фонда.

Библиографический список:

1. Байрамуков С.Х. О методах динамического программирования процессов комплексной модернизации жилищного фонда / С.Х. Байрамуков, З.Н. Долаева, А.О. Омаров // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2015. - №3 (Том 38). - С. 56-63.
2. Ларин С.Н. Модернизация воспроизводства жилищного фонда региона на основе внедрения энергосберегающих технологий / С.Н. Ларин // Экономический анализ: теория и практика. - 2013. - № 17 (320). - С. 33-39.
3. Колмогоров О.И. Энергоэффективная модернизация при капитальном ремонте объектов жилищного фонда / О.И. Колмогоров // Вестник гражданских инженеров. - 2012. - № 6 (35). - С. 234-238.
4. Байрамуков С.Х. Эффективность энергетической модернизации жилищного фонда / С.Х. Байрамуков, З.Н. Долаева // Инженерный вестник Дона. – 2015. - №4. - URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2015/3452.
5. COUCH, C., SYKES, O. & BÖRSTINGHAUS, W. 2011. Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France: The importance of context and path dependency. *Progress in Planning*, 75, 1-52.
6. Cheong-Hoon Baek, Sang-Hoon Park. Changes in renovation policies in the era of sustainability Original Research Article *Energy and Buildings*. 2012. No 47, Pp. 485-496.
7. Sheina S.G. Environmental aspects of programme realization of energy saving in the housing stock in Rostov-on-Don / S.G. Sheina, E.V. Martynova // Annual International Symposium «Environmental, Engineering – Economic and Legal Aspects for Sustainable Living». Program abstracts. – Hannover, Germany, 2013. – P. 85-86.
8. Bellman R., Kalaba R. *Dynamic Programming and Statistical Communication Theory*, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, Col. 43, 1957, pp. 749-751.
9. Вентцель Е.С. Элементы динамического программирования / Е.С. Вентцель – М.: Наука, 1964. – 176 с.
10. Чуканов С.В. Экономическое поведение и метод динамического программирования на бесконечном временном интервале / С.В. Чуканов // Математическое моделирование. – 2003. - том 15, номер 3. –С. 109–121
11. Матряшин И.П. Математическое программирование /И.П.Матряшин, В.К.Макеева – М.: Высшая школа, 1978. – 160 с.
12. Ларионов А.И. Экономико-математические методы в планировании /А.И.Ларионов, Т.И. Юрченко– М.: Высшая школа, 1984. – 224 с.
13. Струченков В.И. Динамическое программирование в задачах планирования реализации частично возобновляемых ресурсов / В.И. Струченков // Информационные технологии. - 2016. -№ 2 (Т. 22). - С.94-99.
14. Струченков В.И. Динамическое программирование с использованием множеств Парето в задачах планирования реализации возобновляемых ресурсов / В.И. Струченков // Информационные технологии. - 2016. - № 3 (Т. 22). - С. 187-191.
15. Ченцов А.Г. Динамическое программирование в одной нестационарной задаче маршрутизации / А.Г. Ченцов, П.А. Ченцов // Известия Института математики и информатики Удмуртского государственного университета. - 2012. - № 3. - С. 151-154.
16. Ченцов А.Г. Динамическое программирование в задаче маршрутизации с ограничениями и стоимостями, зависящими от списка заданий / А.Г. Ченцов, А.А. Ченцов // Доклады Академии наук. - 2013. - № 1 (Т. 453). - С. 20.

17. Овчинников В.Г. К алгоритмам динамического программирования оптимальных процессов / В.Г. Овчинников // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. - 2012. - № 3 (28). - С. 215-218.
18. Dolaeva Z.N. Research of residential real estate pricing / Z.N.Dolaeva, M.M. Kidakoeva // Sciences of Europe. - 2016. - № 8 (8). – С. 85 – 88.
19. Carol C. Menassa. Evaluating sustainable retrofits in existing buildings under uncertainty Original Research Article Energy and Buildings. 2011. No 43, Issue 12. Pp. 3576-3583.
20. Clapp John M., Eichholtz Piet, Lindenthal Thies. Real option value over a housing market cycle. Original Research Article Regional Science and Urban Economics. 2013. No 43, Issue 6. Pp. 862-874.

References:

1. Bayramukov S.Kh., Dolaeva Z.N., Omarov A.O. O metodakh dinamicheskogo programmirovaniya protsessov kompleksnoy modernizatsii zhilishchnogo fonda. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Tekhnicheskie nauki. 2015;3(38):56-63. [Bayramukov S.Kh., Dolaeva Z.N., Omarov A.O. On the dynamic programming method of the processes of integrated modernization of housing facilities. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2015;3(38):56-63.(In Russ.)]
2. Larin, S.N. Modernizatsiya vosproizvodstva zhilishchnogo fonda regiona na osnove vnedreniya energosberegayushchikh tekhnologiy. Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika. 2013;17(320):33-39. [Larin, S.N. Modernization of the regional housing stock on the basis of adoption of energy-efficient technologies. Economic analysis: theory and practice. 2013;17(320):33-39. (In Russ.)]
3. Kolmogorov, O.I. Energoeffektivnaya modernizatsiya pri kapitalnom remonte obektov zhilishchnogo fonda. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2012;6(35):234-238. [Kolmogorov, O.I. Energy efficient modernization at general overhaul of housing facilities. 2012;6(35):234-238. (In Russ.)]
4. Bayramukov S.Kh., Dolaeva Z.N. Effektivnost energeticheskoy modernizatsii zhilishchnogo fonda. Inzhenernyy vestnik Dona. 2015;4. [Bayramukov S.Kh., Dolaeva Z.N. Efficiency of energy modernization of housing facilities Engineering Bulletin of Don. 2015;4. (In Russ.)] Available from: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3452.
5. Couch C., Sykes O., Börstinghaus W. Thirty years of urban regeneration in Britain, Germany and France: The importance of context and path dependency. Progress in Planning. 2011;75:1-52.
6. Cheong-Hoon B., Sang-Hoon P.. Changes in renovation policies in the era of sustainability. Original Research Article Energy and Buildings. 2012;47:485-496.
7. Sheina S.G., Martynova E.V. Environmental aspects of programme realization of energy saving in the housing stock in Rostov-on-Don. Annual International Symposium “Environmental, Engineering – Economic and Legal Aspects for Sustainable Living”. Program abstracts. Hannover, Germany, 2013. 85-86.
8. Vellman R., Kalaba R. Dynamic Programming and Statistical Communication Theory. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA, Col.; 1957;43:749-751.
9. Venttsel, E.S. Elementy dinamicheskogo programmirovaniya. M.: Nauka; 1964. 176 s. [Venttsel, E.S. Elements of dynamic programming. Moscow: Nauka; 1964. 176 p. (In Russ.)]
10. Chukanov, S.V. Ekonomicheskoye povedenie i metod dinamicheskogo programmirovaniya na beskonechnom vremennom intervale. Matematicheskoye modelirovanie. 2003;15(3):109–121. [Chukanov, S.V. Economic behavior and dynamic programming method for infinite time interval. Mathematical modeling. 2003;15(3):109–121. (In Russ.)]
11. Matryashin I.P., Makeeva V.K. Matematicheskoye programmirovaniye. M.: Vysshaya shkola; 1978. 160 s. [Matryashin I.P., Makeeva V.K. Mathematical programming. Moscow: Vysshaya shkola; 1978. 160 p. (In Russ.)]

12. Larionov A.I., Yurchenko T.I. Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii. M.: Vysshaya shkola; 1984. 224 s. [Larionov A.I., Yurchenko T.I. Economic-mathematical methods in planning. Moscow: Vysshaya shkola; 1984. 224 p. (In Russ.)]

13. Struchenkov, V.I. Dinamicheskoye programmirovaniye v zadachakh planirovaniya realizatsii chastichno vobnovlyayemykh resursov. Informatsionnyye tekhnologii. 2016;2(22):94-99. [Struchenkov, V.I. Dynamic programming for planning of implementation of partially renewable resources. Information technology. 2016;2(22):94-99. (In Russ.)]

14. Struchenkov, V.I. Dinamicheskoye programmirovaniye s ispolzovaniem mnozhestv Pareto v zadachakh planirovaniya realizatsii vobnovlyayemykh resursov. Informatsionnyye tekhnologii. 2016;3(22):187-191. [Struchenkov, V.I. Dynamic programming with the use of Pareto sets in the task of planning for the implementation of renewable resources. Information technology. 2016;3(22):187-191. (In Russ.)]

15. Chentsov A.G., Chentsov P.A. Dinamicheskoye programmirovaniye v odnoy nes-tatsionarnoy zadache marshrutizatsii. Izvestiya Instituta matematiki i informatiki Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012;3:151-154. [Chentsov A.G., Chentsov P.A. Dynamic programming for one unsteady routing task. Proceedings of the Institute of Mathematics and Informatics of the Udmurt State University. 2012;3:151-154. (In Russ.)]

16. Chentsov A.G., Chentsov A.A. Dinamicheskoye programmirovaniye v zadache marshrutizatsii s ogranicheniyami i stoimostyami, zavisyashchimi ot spiska zadaniy. Doklady Akademii nauk. 2013;1(453):20. [Chentsov A.G., Chentsov A.A. Chentsov A.G., Chentsov A.A. Dynamic programming in the routing task with constraints and costs depending on the job list. Reports of Academy of Sciences. 2013;1(453):20. (In Russ.)]

17. Ovchinnikov, V.G. K algoritmam dinamicheskogo programmirovaniya optimalnykh protsessov. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Fiziko-matematicheskie nauki. 2012;3(28):215-218. [Ovchinnikov, V.G. To the dynamic programming algorithms of optimal processes. Bulletin of Samara State Technical University. Physics and Mathematics Series. 2012;3(28):215-218. (In Russ.)]

18. Dolaeva Z.N., Kidakoeva M.M. Research of residential real estate pricing. Sciences of Europe. 2016;8(8):85–88. [(In Russ.)]

19. Menassa C.C. Evaluating sustainable retrofits in existing buildings under uncertainty. Original Research Article Energy and Buildings. 2011;43(12):3576-3583.

20. Clapp J.M., Eichholtz P., Lindenthal T. Real option value over a housing market cycle. Original Research Article Regional Science and Urban Economics. 2013;43(6):862-874.

Сведения об авторах.

Байрамуков Салис Хамидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и управления недвижимостью.

Долаева Зурьят Ньюжуровна – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью.

Каппушева Мадина Биляловна – магистрант.

Information about the authors.

Salis K. Bayramukov – Dr. Sc. (Technical), Prof., Department of building and estate management.

Zuriyat N. Dolaeva – Senior lecturer.

Madina B. Kappusheva – Undergraduate.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 16.09.2016.

Принята в печать 29.11.2016.

Conflict of interest

Received 16.09.2016.

Accepted for publication 29.11.2016.