

1.2. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Лукина С.В., д.т.н., СТАНКИН, Москва,
Макаров В.В. физфак МГУ, Москва

В статье разработана методика принятия управленческих решений в инновационной деятельности промышленного предприятия. Основу методики составляет совокупность взаимосвязанных граф-моделей, характеризующих этапы создания и реализации инновационного управленческого решения. Для оценки альтернатив управленческих решений выделена совокупность частных критериев. Сформирована математическая модель создания вариантов альтернатив, позволяющая автоматизировано формировать и описывать все многообразие инновационных управленческих решений.

Введение

Инновационный характер развития машиностроительных предприятий в современных экономических условиях объективно представляется наиболее приемлемым [1–4]. От того, насколько качественно на предприятии налажен механизм реализации полного инновационного цикла от зарождения идеи до получения коммерческого результата и организации послепроектных работ, зависит объем получаемых предприятием конкурентных рыночных преимуществ [8, 10]. Качество принимаемых при организации инновационной деятельности управленческих решений во многом определяется используемым при их разработке инструментарием. Широкий диапазон возможностей в этой сфере предоставляют системы поддержки принятия решений, сопровождающие все этапы инновационного цикла [5–7, 9, 11].

Базисом для разработки алгоритмов поддержки принятия решений является аппарат теорий построения сложных систем, теории графов и теории множеств, позволяющий генерировать и идентифицировать структуру и свойства, осуществлять комплексное моделирование систем. Развитие такого подхода позволит обеспечить формирование и направленный выбор наиболее перспективных решений, генерировать требования и ограничения к структурам и свойствам инновационных решений на этапах их создания.

Целью настоящей работы является создание комплекса инструментов поддержки и принятия решений в инновационной деятельности машиностроительных предприятий.

1. Формирование этапов жизненного цикла инновационного процесса

Инновационный процесс в общем виде означает последовательность перехода от возникновения идеи через создание, продажу, диффузию нововведения до ликвидации результатов реализации. Основные этапы инновационного процесса представлены на рисунке 1.

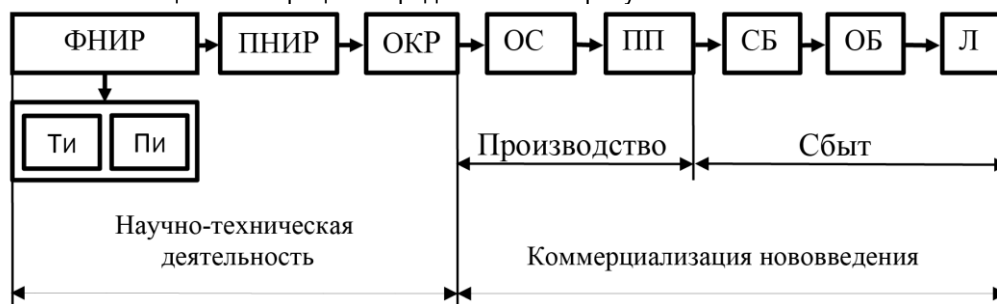


Рисунок 1. Основные этапы инновационного процесса

Каждая стадия имеет свою цель и результаты, реализация каждого этапа позволяет перейти к следующему с определенным объемом накопленной информации. Фундаментальные научно-исследовательские работы (ФНИР) включают в себя теоретические (ТИ) и поисковые (ПИ) исследования. Их целью является теоретическая систематизация, объективный анализ знаний о действительности, результаты проявляются в научных открытиях, обосновании новых понятий и представлений, создании новых теорий, открытии новых принципов создания идей и технологий. Выходными данными этапа являются документально и юридически оформленные научные результаты.

Прикладные научно-исследовательские работы (ПНИР) имеют целью определение количественных характеристик новых методов, подходов, нестандартных существующих конструкторско-технологических решений. Результатом выступают оформленные документально и юридически принципы, технологии, обоснования применимости материалов или конструкций. Выходными данными чаще всего выступает техническое заключение на опытно-конструкторские работы.

Опытно-конструкторские работы (ОКР) имеют целью создание (модернизацию) новых изделий, технологий, способов оказания услуг. Результатом ОКР выступают опытные образцы новой продукции с полным комплексом соответствующей документации. На стадии освоения производства (ОС) производится информационная, техническая, технологическая и организационная подготовка к производству продукции в промышленных масштабах. Промышленное производство (ПП) предполагает непосредственное производство материализованных достижений научно-технических разработок в запланированных масштабах.

Сбыт (СБ) подразумевает доведение результатов промышленного производства до конечных потребителей с выбором каналов сбыта, организацией необходимых рекламных операций, решением логистических и прочих сбытовых вопросов. Обслуживание (ОБ) подразумевает послепродажное сопровождение результатов промышленного производства, обеспечение безаварийной работы продукции, предоставление консультаций по эксплуатации и гарантийный ремонт оборудования. Ликвидация (Л) подразумевает ликвидацию результатов предыдущего решения, накопление опыта и подготовку к началу нового цикла.

Все этапы инновационного процесса сопровождаются активной маркетинговой деятельностью, на основании результатов которой формируются требования к качественным и количественным характеристикам продукции и организуется управление научным и производственным процессом.

Инновационная деятельность практически выражается в инициации, разработке и реализации инновационных проектов. Под инновационным проектом понимается намеченный к планомерному осуществлению, объединенный единой целью и приуроченный к определенному времени комплекс работ и мероприятий по созданию, производству и продвижению на рынок новых высокотехнологичных продуктов с указанием исполнителей, используемых ресурсов и их источников [9,10]. На предприятии, претендующем на интенсивное развитие и стремящемся к устойчивой рыночной позиции, целесообразно формирование набора наиболее перспективных инновационных проектов (портфель инновационных проектов).

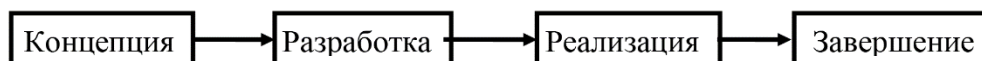


Рисунок 2. Фазы жизненного цикла инновационного проекта

Являясь комплексным понятием, инновационный проект может быть разбит на отдельные фазы, совокупность которых образует его жизненный цикл. Каждая ступень жизненного цикла подразумевает выполнение определенного набора работ и получение определенных результатов. Состав фаз жизненного цикла инновационного проекта машиностроительного предприятия представлен на рисунке 2.

На стадии разработки концепции определяются цели, направленность, задачи, основные требования к результатам реализации инновационного решения. Производится отбор наиболее перспективных инновационных решений.

На стадии разработки проекта выполняются работы по развитию концепции, разработке содержания проекта, определению стандартов, детальному проектированию и составлению необходимой документации, ресурсному обеспечению проекта, составлению календарных планов, формированию бюджета, определению методов и средств контроля. Формируются варианты реализации решения, проводится отбор наиболее конкурентных альтернатив.

На стадии реализации проекта проводятся работы по проведению торгов и тендеров, заключению контрактов, оперативному планированию, запуску производства, контролю хода выполнения, управлению запасами, покупками, поставками, регулировке хода, темпов и качества работ. На стадии завершения проекта реализации проводится утилизация оборудования, подведение итогов, разрешение конфликтов, накопление фактических опытных данных, закрытие работ по реализации.

Жизненный цикл инновационного проекта, предполагающего производство инновационной продукции, находится во взаимосвязи с жизненным циклом создаваемого продукта. Состав фаз жизненного цикла инновационного продукта представлен на рисунке 3.

Управление инновационной деятельностью машиностроительного предприятия представляет собой управленческую задачу по инициации и отбору инновационных решений, организации прикладных исследований по разработке нововведений, организации и планированию промышленного производства, сбыта и послепродажного обслуживания в срок, в рамках установленного бюджета и в соответствии с техническими спецификациями и требованиями. Решение общей управленческой задачи может быть реализовано путем ее декомпозиции на составляющие и качественного решения каждой частной управленческой проблемы. К составляющим процесса управления проектом относятся группы проблем инициации, планирования, исполнения, анализа, управления и завершения.

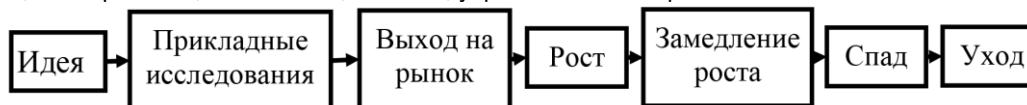


Рисунок 3 – Фазы жизненного цикла инновационного продукта

2. Формирование системы показателей качества инновационного решения

Системы поддержки принятия решений создаются с целью повышения эффективности управленческого процесса на всех этапах жизненного цикла инновации на основе моделей, отражающих законы развития экономических систем. Среди широкого круга проблем, возникающих при управлении инновационной деятельностью, были выделены следующие типы задач, решаемых предлагаемой СППР инновационной деятельности машиностроительного предприятия:

- планирование инновационной деятельности предприятия; сокращение сроков и затрат, связанных с созданием и разработкой нововведений;
- формирование альтернативных вариантов реализации инновационного решения (инновационных альтернатив) на основе рассмотрения схемы реализации как совокупности технических, технологических, маркетинговых и организационно – управленческих компонент, каждая из которых, в свою очередь, подразумевает альтернативные варианты реализации, что вносит вклад в общую оценку альтернативы;
- оценка сформированных инновационных альтернатив и отбор наиболее перспективных из них на основе сопоставления затрат, связанных с данной комбинацией компонентных альтернатив и получаемых результатов по системе оценочных критериев и правилам отбора альтернатив, с учетом условий реализации и вводимой системы ограничений;
- объемно-календарное планирование отобранных альтернатив как решение прикладных задач составления календарного плана и формирования оптимального порядка выполнения работ, управления рисками, ресурсного обеспечения проекта, распределения заданий по исполнителям и обоснованного формирования эффективных команд проекта;
- оптимизация разработанных инновационных альтернатив на основе рассмотрения их компонентного состава с выявлением лимитирующих звеньев, а также обоснование возможности повышения качества альтернативы в целом за счет генерации принципиально новых компонентных альтернатив; поиск оптимизационных резервов каждой альтернативы.

СППР формируется на основе комплекса моделей, математически описывающих закономерности инновационной деятельности машиностроительного предприятия за счет применения методов линейного программирования, комбинаторики, теории вероятности, математической статистики и сетевого планирования.

Инновационное решение обеспечивает качественное преобразование экономической системы, его результаты могут проявляться в различных областях деятельности предприятия. Результаты инновационного решения, в соответствии со сферами их проявления, могут быть описаны группами частных показателей: производственными, финансовыми, инвестиционными, бюджетными, социальными и экологическими. Кроме того, зачастую инновационное решение не несет существенных выгод конкретному предприятию, однако в масштабах страны или региона эффект может быть существенным, поэтому необходимо введение в систему оценки группы интегральных показателей, описывающих результаты инновационного решения в целом по народному хозяйству. Граф-модель показателей, характеризующих инновационное решение, в соответствии с классификационными группами, приведена на рисунке 4.

Группу производственных показателей включает, к примеру, объем товарного производства в натуральном или стоимостном выражении, объем получаемой за счет реализации чистой продукции, экономию цеховой себестоимости продукции и другие показатели.



Рисунок 4 – Система показателей качества инновационного решения

В каждом конкретном случае возможно формирование набора показателей, представляющих интерес в данной ситуации. Качество инновационного решения в таком случае может быть представлено объединением:

$$K = b_1 \cup b_2 \cup b_3 \cup b_4 \cup b_5 \cup b_6 \cup b_7 = \bigcup_{i=1}^n b_i \tag{1}$$

При отборе инновационных решений каждый показатель качества представляет собой самостоятельный оценочный алгоритм, что приводит к формированию множества критериев оптимальности. Многоплановость проявления результатов инновационного решения приводит к необходимости проведения многокритериального отбора инновационных решений. В таком случае задача может быть сведена к минимизации или максимизации целевой функции, представляющей собой интеграцию выбранных критериев оценки. Учитывая, что выбранные критерии (b_{ij}) могут принимать как положительные, так и отрицательные либо нулевые значения, и в то же время являются однородными по своему содержанию, в качестве целевой функции рекомендуется выбирать аддитивную свертку критериев предпочтения:

$$b_{ад} = \sum_{i=1}^h b_i k_i, \tag{2}$$

где k_i – коэффициент значимости i -го критерия предпочтения; h – общее число критериев.

Умножение значений критериев на весовые коэффициенты позволяет придать им различную степень важности, что может быть обусловлено условиями проведения оценки. Установление весовых коэффициентов позволяет увеличить степень влияния на целевую функцию определенных критериев, однако оказывает определенный результат на результат оценки.

Конфликтность критериев оценки, входящих в целевую функцию, рекомендуется преодолевать переходом к функции вида:

$$b_{ад} = \sum_{i=1}^n b_i k_i - \sum_{j=1}^m b_j k_j \rightarrow max, \tag{3}$$

где $\sum_{i=1}^n b_i k_i$ – аддитивная свертка максимизируемых критериев; $\sum_{j=1}^m b_j k_j$ – аддитивная свертка минимизируемых критериев.

Для уменьшения влияния абсолютных значений отдельных целевых функций на итоговый результат, при формировании аддитивной свертки рекомендуется проводить шкалирование значений целевых функций критериев предпочтения:

$$b_{ад} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i k_i}{\sum_{i=1}^n b_{i_{max}}} - \frac{\sum_{j=1}^m b_j k_j}{\sum_{j=1}^m b_{j_{min}}} \rightarrow max. \tag{4}$$

Здесь $\sum_{i=1}^n b_{i_{max}}$, $\sum_{j=1}^m b_{j_{min}}$ – максимальное и минимальное значение частной целевой функции, соответственно.

3. Формирование множества допустимых альтернатив реализации инновационного решения

Формирование множества допустимых альтернатив реализации инновационного решения представлено ориентированным графом сетевой структуры (рисунок 5). На графе вектор $D_i = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ описывает компонентный состав инновационной альтернативы (слои графа), а множество векторов $D_1 = \{d_1^1, d_1^2, \dots, d_1^{m_i}\}$ формируют глубину каждого слоя и описывают альтернативные варианты реализации каждой альтернативы.

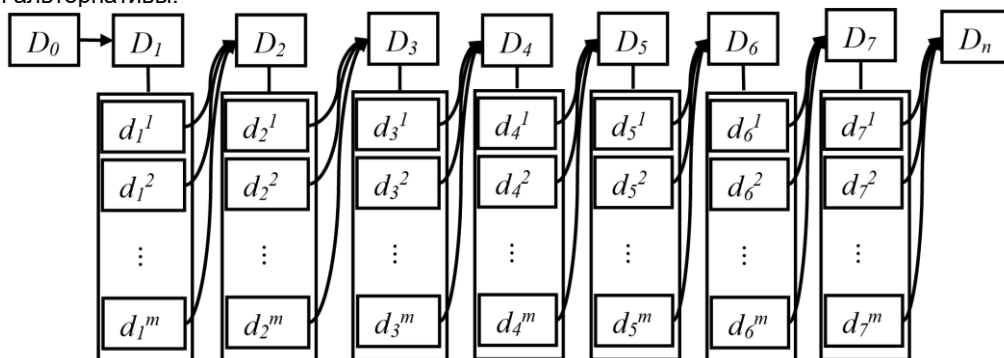


Рисунок 5 – Граф-модель формирования компонентного состава инновационной альтернативы

Вектора D_i представляют научно-техническую (вектор D_1), материально-техническую (вектор D_2), структурную (вектор D_3), организационную (вектор D_4), кадровую (вектор D_5) финансовую (вектор D_6) и маркетинговую (вектор D_7) компоненты инновационной альтернативы.

На основании разработанной граф-модели множество допустимых альтернатив формируется следующей системой ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m d_{0j} - \sum_{i=1}^m d_{i0} = 1 \\ \sum_{j=1}^m d_{nj} - \sum_{i=1}^m d_{in} = -1 \\ \sum_{j=1}^m d_{ij} - \sum_{i=1}^m d_{ji} = 0 \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad i \neq 0, i \neq n \\ d_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j \in \{1, 2, \dots, n\} \end{array} \right. \quad (5)$$

Построение граф-модели реализуемой инновационной альтернативы позволяет решать задачи формирования календарного плана, планов сбыта продукции, производственного плана, составления плана по персоналу, определения условий оплаты труда, формирования статей текущих и инвестиционных затрат, а также условий их оплаты, моделирования процесса финансирования, моделирования процесса использования основных денежных средств проекта.

Управление рисками, связанными с реализацией каждой альтернативы, может быть реализовано на основе применения методов теории вероятностей. Показатели, количественно описывающие результаты реализации инновационной альтернативы, при этом представляются в виде случайных величин. Вводится величина μ – математическое ожидание количественной оценки альтернативы и величина $\delta > 0$. Мерой риска, связанной с каждой альтернативой, будет выступать вероятность P того, что реальная количественная оценка альтернативы будет меньше ожидаемой на величину $\delta > 0$. Критерий оптимальности, связанный с величиной риска, при отборе альтернатив может быть записан в виде:

$$P\{O < (\mu - \delta)\} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где O – реальная количественная оценка альтернативы.

Количественная оценка рассогласования ожидаемой и реальной оценки альтернативы описывается величиной стандартного отклонения показателя δ .

Распределение количественных показателей оценки будет определяться законом распределения случайной величины и распределениями входящих в нее независимых переменных.

4. Реализация инновационного решения как совокупность подпроцессов

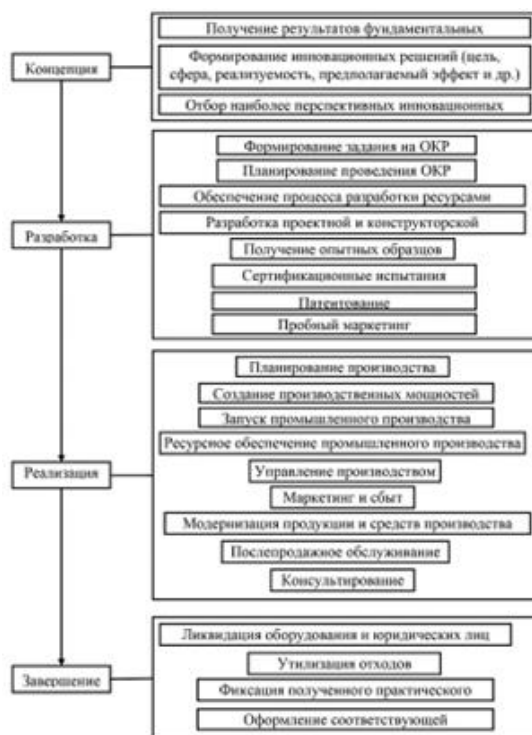


Рисунок 6. Примерный состав подпроцессов реализации жизненного цикла инновационного проекта

Примерный состав подпроцессов реализации инновационного решения в соответствии с основными этапами его жизненного цикла представлен на рисунке 6.

Организация подпроцессов, формирующих жизненный цикл инновационного решения, во времени в большинстве случаев строго определена. Начало каждого этапа нецелесообразно до окончания предыдущего, например, нет смысла планировать промышленное производство до получения результатов пробного маркетинга. На более глубоком уровне декомпозиции каждый подпроцесс, в свою очередь, может быть представлен группой операций. Так, планирование производства включает мероприятия по маркетинговым исследованиям, выбору местоположения создаваемых производственных мощностей, составлению производственных планов, выбору поставщиков, разработке планов сбыта продукции, выбора источника финансирования, планированию персонала и др.

Данные работы требуют оптимального распределения во времени для минимизации максимально возможного времени просрочки по подпроцессу в целом. Системы поддержки принятия решений, сопровождающие полный комплекс инновационной деятельности машиностроительного предприятия, позволяют решать широкий круг управленческих задач, повышая эффективность инновационной, а, следовательно, и общей эффективности деятельности предприятия.

Выводы

По проведенным исследованиям получены следующие результаты:

1. Сформирован комплекс инструментов поддержки и принятия решений, практически реализованный для задач технической подготовки производства.

Основу комплекса составляет совокупность взаимосвязанных граф-моделей, характеризующих этапы создания и реализации инновационных управленческих решений.

Разработанный комплекс позволяет осуществить направленное формирование управленческих решений, выбрать их конфигурацию и оценить инновационность.

2. На основе инструментария разработанных граф-моделей сформирована математическая модель создания вариантов альтернатив, позволяющая автоматизировано формировать и описывать все многообразие инновационных управленческих решений.

3. Показано, что управленческое решение может быть оценено по совокупности частных критериев шести групп, характеризующих деятельность предприятия. Были выделены группы производственных, финансовых, инвестиционных, бюджетных, социальных, и экологических критериев. Для комплексной оценки качества альтернатив управленческих решений предусмотрена совокупность интегральных показателей.

Литература

1. Еленева Ю.Я., Андреев В.Н., Ли Ч. Разработка подхода к управлению инвестиционными проектами на промышленных предприятиях на основе оценки рисков // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 2. С. 489–500.
2. Кутин А.А., Седых М.И., Ивашин С.С. Цифровая трансформация производственных систем в машиностроении // Автоматизация и управление в машиностроении. 2018. № 2 (31). С. 28–35.
3. Макаров В.М., Лукина С.В. Научно-технический инжиниринг в задачах техпереворужения // РИТМ: Ремонт. Инновации. Технологии. Модернизация. 2013. № 8 (86). С. 16–20.
4. Мелик-Асланова Н.О. Исследование методов оценки конкурентоспособности промышленного предприятия // Финансовая жизнь. 2020. № 4. С. 103 – 106.
5. Лукина С.В. Прогностическое моделирование проектных инновационных решений по конфигурации средств оснащения высокотехнологичных производств // Инновации. 2015. № 8 (202). С. 68–71.
6. Лукина С.В., Гирко В.В. Методика автоматизированного синтеза инновационных управленческих решений // Известия МГТУ МАМИ. 2013. Т. 5. № 1 (15). С. 242–250
7. Лукина С.В., Овчинников С.А., Макаров В.В., Барков С.С. Методы исследования систем управления. Курск: ЗАО «Университетская книга». 2021. 85 с.
8. Червяков Л.М., Александров И.А., Бычкова Н.А. Гносеологическая сущность производственного процесса как объекта проектирования // Эргодизайн. 2021. № 3 (13). С. 177–187.
9. Batova M., Baranov V., Mayorov S. Automation of economic activity management of high-tech structures of innovation-oriented clusters // Journal of Industrial Integration and Management: Innovation and Entrepreneurship. 2021. Т. 6. № 1. pp. 15-30.
10. Hauschildt J., Salomo S. Innovations management // Auflage.-Munchen: Vahlen Verlag. 2011. 410 p.
11. Htwe N. N., Volkova G. D., Zan K. K., yurbееva T. B. Processing Of Conceptual Models Of Subject Problems For Extracting Knowledge From Technical Documentation // 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). 2021. pp. 2185-2189. doi: 10.1109/ElConRus51938.2021.9396551.

References in Cyrillics

1. Eleneva Yu.Ya., Andreev V.N., Li Ch. Razrabotka podxoda k upravleniyu investicionny`mi proektami na promy`shlenny`x predpriyatiyax na osnove ocenki riskov //Voprosy` innovacion-noj e`konomiki. 2019. T. 9. № 2. S. 489-500.
2. Kutin A.A., Sedy`x M.I., Ivashin S.S. Cifrovaya transformaciya proizvodstvenny`x sistem v mashinostroenii //Avtomatizaciya i upravlenie v mashinostroenii. 2018. № 2 (31). S. 28-35.
3. Makarov V.M., Lukina S.V. Naukoemkij inzhiniring v zadachax texperevooruzheniya //RITM: Remont. Innovacii. Texnologii. Modernizaciya. 2013. № 8 (86). S. 16-20.
4. Melik-Aslanova N.O. Issledovanie metodov ocenki konkurentosposobnosti promy`shlennogo predpriyatiya // Finansovaya zhizn`. 2020. № 4. S. 103 – 106.
5. Lukina S.V. Prognosticheskoe modelirovanie proektny`x innovacionny`x reshenij po konfi-guracii sredstv osnashheniya vy`sokotexnologichny`x proizvodstv //Innovacii. 2015. № 8 (202). S. 68-71.
6. Lukina S.V., Girko V.V. Metodika avtomatizirovannogo sinteza innovacionny`x upravlen-cheskix reshenij //Izvestiya MGTU MAMI. 2013. T. 5. № 1 (15). S. 242-250

7. Lukina S.V., Ovchinnikov S.A., Makarov V.V., Barkov S.S. Metody` issledovaniya sistem upravleniya. Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga». 2021. 85 s.
8. Chervyakov L.M., Aleksandrov I.A., Vy`chkova N.A. Gnoseologicheskaya sushhnost` proizvodstvennogo processa kak ob`ekta proektirovaniya //E`rgodizajn. 2021. № 3 (13). S. 177-187..

*Лукина Светлана Валентиновна, доктор технических наук, профессор,
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
г. Москва, Россия, email: lukina_sv@mail.ru
Макаров Владимир Владимирович, студент,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Физический факультет, г. Москва, Россия, email: mmvv_mm@mail.ru*

Ключевые слова:

инновационное управленческое решение, граф-модель, математическая модель, множество допустимых альтернатив.

Svetlana Lukina, Vladimir Makarov. Application of decision support systems in innovative activities of machine-building enterprises

Keywords

innovative management solution, graph model, mathematical model, a set of acceptable alternatives.

DOI: 10.34706/DE-2022-02-02

JEL classification C02 – Математические методы

Abstract

The article develops a methodology for making managerial decisions in the innovation activity of an industrial enterprise. The methodology is based on a set of interrelated graph models that characterize the stages of creation and implementation of an innovative management solution. To evaluate alternatives to management decisions, a set of particular criteria is identified. A mathematical model for creating alternative options has been formed, which allows automated formation and description of all the variety of innovative management solutions.