

УДК 69:005.216.7

А.В. Беспалова, А.И. Кныш, О.П. Дашковская, О.А. Файзулина

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ И ОЦЕНКЕ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Производительность машин является одним из важнейших технико-экономических показателей. Реальная производительность машин – случайная величина вследствие влияния многих факторов, поэтому конкретная производительность в каждом случае будет различной. На основе опыта эксплуатации механизмов можно установить вероятность соблюдения нормативов. Появляется возможность более обоснованно рассчитывать требуемое количество энергоресурсов машин, емкость строительных операций, потери вспомогательных операций.

Ключевые слова: энергоэффективность, строительная техника, надежность организационного процесса, вариативно-проектная модель.

Продуктивність машин є одним з найважливіших техніко-економічних показників. Реальна продуктивність – випадкова величина внаслідок впливу багатьох чинників, тому конкретна продуктивність в кожному випадку буде різною. На основі досвіду експлуатації механізмів можна встановити ймовірність дотримання нормативів. З'являється можливість більш обґрунтовано розраховувати необхідну кількість енергоресурсів машин, ємність будівельних операцій, втрати допоміжних операцій.

Ключові слова: енергоефективність, комплекти будівельної техніки, надійність організаційного процесу, варіативно-проектна модель.

The productivity of machines is one of the most important technical and economic indicators. Actual productivity of machines is a random value due to the influence of many factors, so certain productivity in each case will be different. On the basis of the exploitation of mechanisms you can set the probability of regulatory compliance. It becomes possible more reasonably calculate the required amount of energy resources of machines, the capacity of building operations, loss of auxiliary operations.

Keywords: energy efficiency, construction equipment, the reliability of the organizational process, variability and design model.

Введение. В данной статье представлена модель прогнозирования энергопотребления машинных комплектов при условии создания конечных продуктов строительства. Этапы построения транспортной колонны, факторы, влияющие на конечное качество энергопотребления строительного процесса, могут быть вычислены с применением теории надежности систем.

© Беспалова А.В., Кныш А.И., Дашковская О.П., Файзулина О.А., 2016

Предложен новый методический ресурс вычисления качества продукции с использованием практики организационно-технических систем строительного производственного комплекса.

Цели и задачи. Создание методологии оценки надежности работы систем, комплектов и отдельных строительных машин в условиях экономических рисков строительства.

Объекты и методы исследования. Реальные строительные процессы, применение систем, комплектов и отдельных машин в строительстве, существующая теоретическая база. Методология, методы, методики, инструментарий формирования комплектов и систем машин в строительстве.

Результаты исследований. Разработано методическое обеспечение для исследования и оценки надежности работы систем, комплектов и отдельных машин и механизмов при строительстве сооружений с использованием специальных баз данных, включающая: модели формирования систем и комплектов с учетом организационно-технологической надежности работы строительных машин; многофакторные модели влияния случайных факторов на энерготехнологическую надежность строительства.

Одним из основных факторов повышения рентабельности строительства является формирование ресурсосберегающих систем машин, которые позволят экономить материальные, энергетические и людские ресурсы при выборе систем строительных машин для возведения конкретных объектов [1-4].

Проектирование системы машин можно производить по модульному принципу, предложенному в [4-7; 8]. Процесс формирования парка машин начинается с проектирования модулей или комплектов для конкретных условий производства отдельных видов работ, например, земляных, бетонных и т.п. Далее формируются возможные варианты модулей для производства соответствующих видов работ и рассчитываются технические и экономические показатели каждого варианта. При этом основными показателями являются производительность и себестоимость выполнения заданного объема работ. По результатам оценки определяется рыночная стоимость работ и рассчитывается прибыль от применения каждого варианта модуля. На рис. 1 показана общая схема формирования ресурсосберегающих систем строительных и подъемно-транспортных машин.

Для совершенствования многовариантного проектирования систем, комплектов и парков машин формируются базы показателей строительных машин и механизмов.

В последние внесены показатели машин и механизмов применяемых при производстве строительно-монтажных работ. По каждой машине и механизму в таблицах базы данных включены их технические и экономические показатели. Причем все экономические показатели машин и

механизмов в базе данных определены по единой методике.

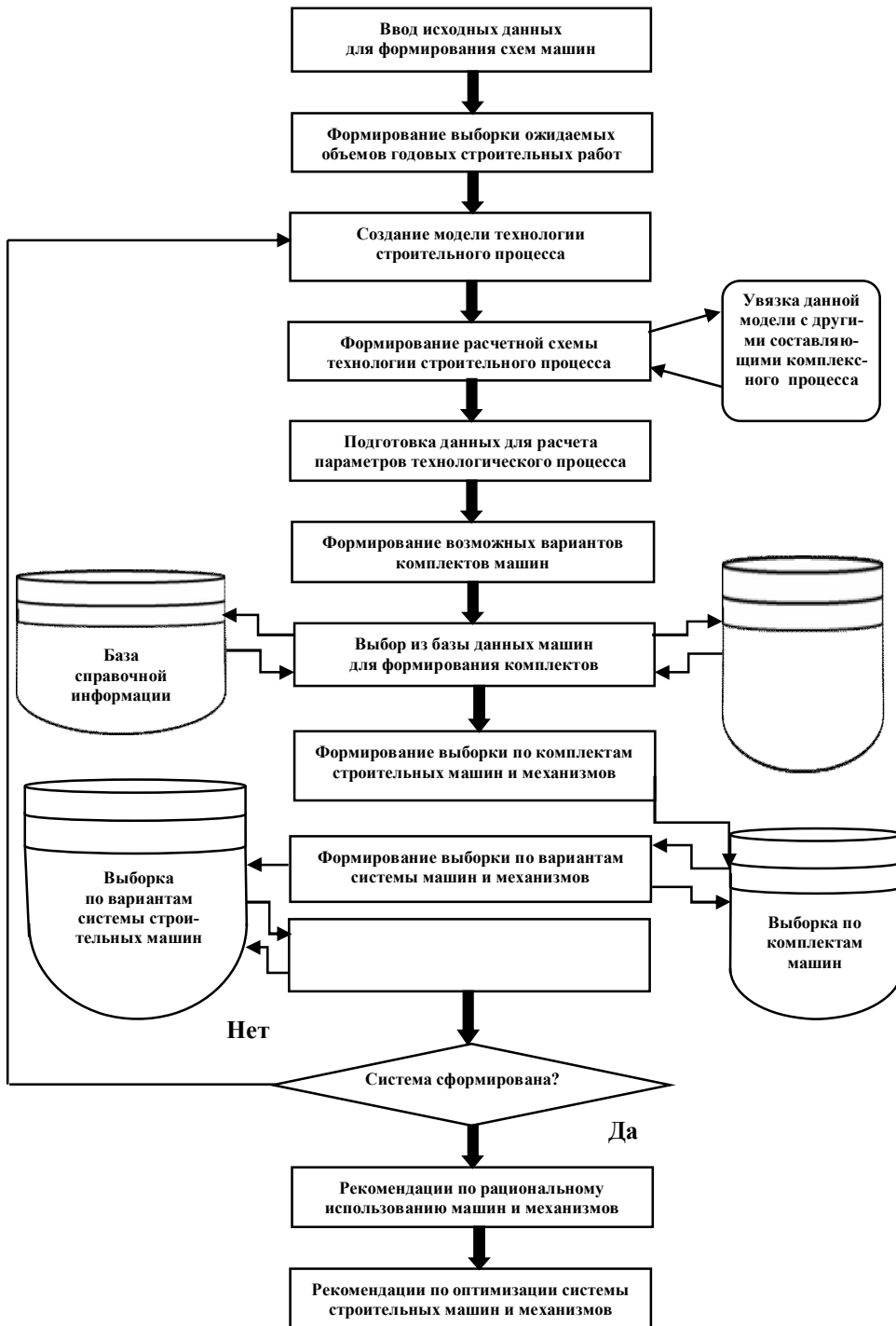


Рис. 1. Общая схема формирования систем строительных машин

На рис. 1 проиллюстрирована модель формирования ресурсосберегающей системы машин и механизмов из имеющегося парка для использования на строительстве конкретных объектов. Модель позволяет сформировать из машин варианты систем и оценить их энергоэффективность. Универсальность предложенного алгоритма проектирования системы машин и механизмов с учетом их применения в реальном строительстве позволяет использовать его для формирования любых модулей, комплексов и парков строительных машин и механизмов.

Чтобы оценить целесообразность приобретения новых машин и механизмов с учетом уже имеющейся в парке номенклатуры достаточно включить их показатели в базу данных, сформировать систему и оценить ее эффективность. Предусмотрено три пути формирования вариантов системы машин. Модель предоставляет равные степени свободы для лизинга, аутсорсинга и хозаренды собственными силами [9; 10].

Все три пути позволяют по единому алгоритму сформировать возможные варианты используемой в строительстве системы машин и оценить эффективность ее использования. Однако, резкое колебание цен не дает возможности составить долгосрочные прогнозы на сформированные варианты систем строительных машин и перехода к критериальному анализу факторов [11].

Многовариантные системы расчетов подразумевают построение модели энерготехнической надежности (ЭТН) с реализацией вероятностно-статистический подхода. При определении ЭТН системы применяют методы теории надежности человеко-машинных систем.

В Одесской государственной академии строительства и архитектуры разработана системотехника ресурсосберегающих технологических процессов строительства. Значительное повышение качества строительной продукции могут дать лишь экономичные решения, полученные при оптимизации энерготехнических решений.

Экономическая оценка прогрессивности конструктивных, оптимизации энерготехнических и управленческих решений осуществляется путем последовательного отбора базовых машин согласно ресурсным нормам и правилам ведения технологического процесса. В процессе отбора просчитываются объемы затрат энергоносителей в соответствии с выполненной работой в натуральном и условном выражении. Определяются составы звеньев операторов и наладчиков. Формируются выборки звеньев с обозначением максимальной выработки и потерь, обусловленные производственным риском. Разброс значений численных показателей затрат должны отличаться минимум на 15 %. В противном случае выборка производственной колонны признается недействительной, а составов парков машин необходимо подобрать состав так, чтобы при формировании комплексов всегда получали ресурсосберегающие системы. Для этого парк должен быть укомплектован современными машинами и механизмами [12; 13]. При проектировании новых комплексов машин невозможно

получить оптимальное проектное решение при их нерациональном использовании согласно [12]. Поэтому, прежде чем оптимизировать решения машин следует провести оптимизацию проектных и организационно-технологических решений [14]. За основу отчета взяты базовые показатели наработки на отказ приводных узлов машин в совокупности с надежностью систем автоматизации. Проработка мехатроники осуществляется по известным зависимостям теории надежности. Новизна внедрения состоит в учете комбинаторных связей между основными технологическими процессами и системой планового технического обслуживания. Помимо текущих связей функционального порядка применены энергозатраты-энергопотери, составляющая которых остается на отметке 16 %. Для крупных инвестиционных проектов подобный показатель ощутим не только в натуральном выражении. Графы баз данных построены таким образом, что определение «первичный» и «вторичный» показатель условны, а все ресурсы и потери показательны среди остальных индексов инвестиционного проекта. Представленная на рисунке 1 иерархия задач с первичными базами данных носит исключительно рекомендательный характер. Следовательно, комбинаторный цикл инвестиционных задач носит законченный характер в условиях неопределенности информации.

По результатам показателей технико-экономических ресурсов (ТЭР) оптимизируются парки машин, формируются колонны подвижного состава, а развернутые перечни наладочных трудоемкостей рассматриваются в качестве вторичных факторов оптимизации модели.

Для успешной реализации инвестиционного проекта строительства объектов необходимо решить следующие задачи:

- обосновать эффективность инвестиционного проекта строительства зданий и сооружений;
- разработать календарные планы строительства объектов;
- установить оптимальную последовательность и сроки возведения объектов строительства;
- выполнить распределение объемов и сметной стоимости работ по объектам и периодам строительства.

При работе с неполной информацией по инвестиционному проекту необходимо построить многофакторные математические модели и рассчитать показатели инвестиционного проекта на стадии разработки этих решений (до разработки рабочей документации).

Для оценки надежности инвестиционных проектов С.М. Кузнецовым разработан комплекс поверочного программного обеспечения (ПО) управления первичными базами данных инвестиционного проекта на основе имитационной модели. Скрипты «*Invest*» [15], программы «*Setim*», «*Potok*», «*Impotok*» [16-17] реализуют комбинации неопределенности информации (рис. 2).

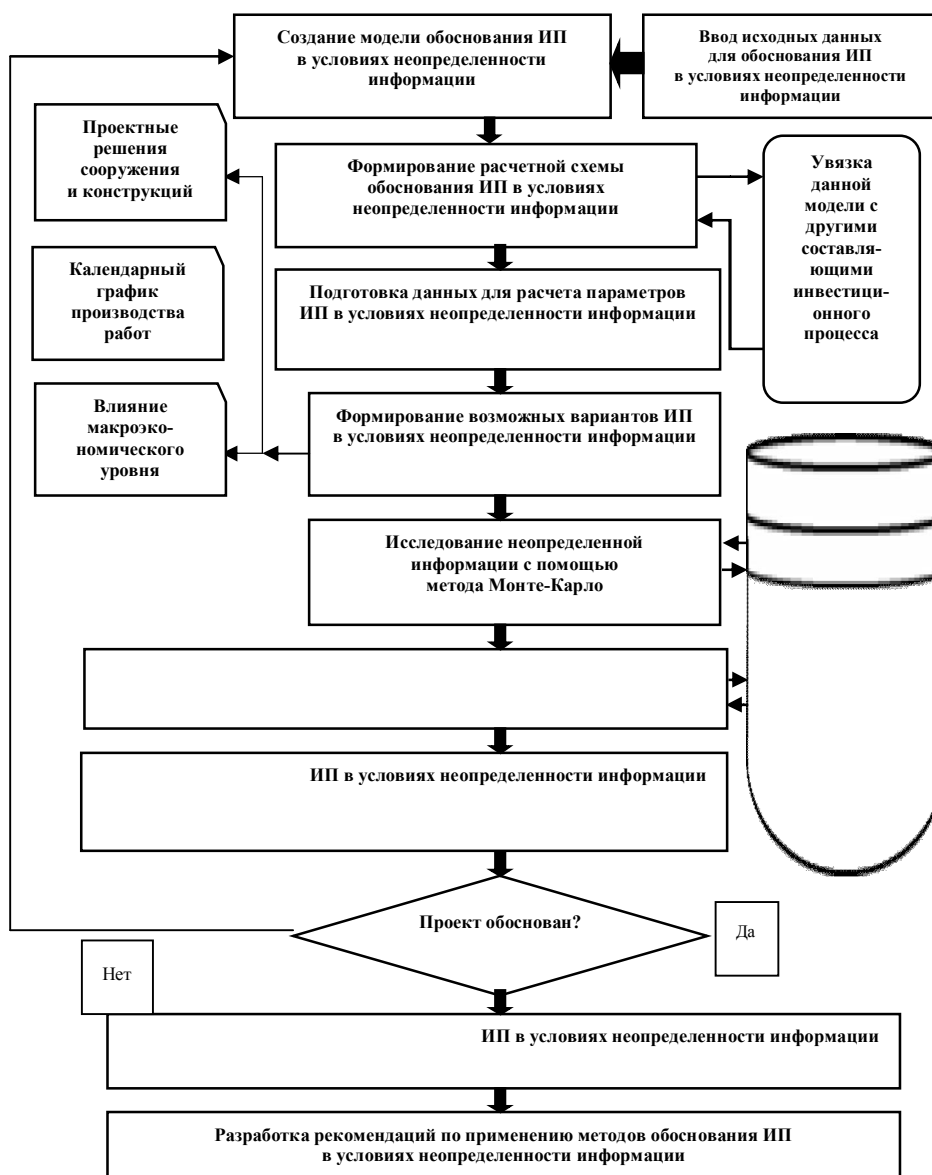


Рис. 2. Схема обоснования инвестиционных проектов

Для автоматизации прогнозирования продолжительности, стоимости и последовательности строительства в [17] проработана также имитационная модель потока и резерва. В настоящее время с помощью «Impotok» масштабируют энерготехнологическую надежность календарного планирования, сметную стоимость строительства объектов и энергорезервов строительной организации.

Проведенные в [18] исследования показали, что во всех выборках с любым процентом максимального отклонения продолжительности строительных работ оптимальная последовательность строительства объектов не изменяется. Данное условие не является обязательным и при оптимизации организационно-технологических решений необходимо каждый раз выполнять соответствующую проверку.

С помощью имитационной модели потока уточняется влияние увеличения времени выполнения отдельных работ на общую продолжительность строительства объекта, прибыли строительной организации с учетом организационно-технологической надежности строительства. В [15] приведена модель и программа «*Ekskom*» расчета организационно-технологической надежности производства работ, например, экскаваторными комплектами с фиксированными индивидуальными нормами. Алгоритм инвестиционного анализа идентичен представленному на рис. 2. Интересным расчетным моментом является системная сходимость методик на уровне не менее 80 %, что свидетельствует о завершении интеграционного процесса ПО представленного в [15-18].

Выводы. Анализ работы большинства строительных проектов показал, что случаи нерационального использования ресурсов в строительной отрасли не являются исключением. Для снижения энергоемкости строительства, повышения уровня экономии энергии предлагается ввести нормированное потребление энергии в соответствии с физическим активом понесенных затрат стройплощадки, структурировать затраты и потери ресурсов в соответствии со статусом исполняемого процесса и задействованной в нем техники. Используя наработки ПО [13-15] предлагается установить строгий регламент штрафов и стимулов по энергосбережению ресурсов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимов-Спиридонов Д.Д. *Модели и методы больших систем планирования и управления* / Д.Д. Анисимов-Спиридонов. – М.: Наука, 1969. – 360 с.
2. Анохин П.К. *Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем* / П.К. Анохин. – М.: АН СССР, 1971. – 61 с.
3. Анферов В.Н. *Организационно-технологическая надежность эксплуатации башенных кранов* / В.Н. Анферов, С.М. Кузнецов, С.И. Васильев. – Новосибирск: Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 2. – С. 35-41.
4. Лозовский А.А. *Мониторинг расхода ТЭР в строительном производстве* / А.А. Лозовский. – Минск: Архитектура и строительство, 2010. – № 5. – С. 74-76.

5. Беренс В. Руководство по оценке эффективности инвестиций / В. Беренс, П.М. Хавранек. – М.: ИНТЕРЭКСПЕРТ-ИНФРА, 1995. – 527 с.
6. Лозовский А.А. Энергоаудит в строительном производстве / А.А. Лозовский. – Минск: Строительная наука и техника. – 2010. – № 5 (32). – С. 71-73.
7. Болтянский В.Г. Оптимальное управление дискретными системами / В.Г. Болтянский. – М.: Наука, 1973. – 448 с.
8. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 399 с.
9. Куликов Ю.А. Имитационное моделирование / Ю.А. Куликов // Моделирование и применение вычислительной техники в строительном производстве: Справочн. пособие / [Под ред. А.А. Гусакова]. – М.: Стройиздат, 1979. – 384 с.
10. Куликов Ю.А. Оценка качества решений в управлении строительством / Ю.А. Куликов. – М.: Стройиздат, 1990. – 144 с.
11. Лозовский А.А. Нормирование расхода ТЭР в строительном производстве / А.А. Лозовский, Г.В. Земляков. – Минск: Строительная наука и техника. – 2010. – № 5 (38). – С. 12-17.
12. Комаров А.А. Обоснование применения новых материалов, конструкций, машин и механизмов при строительстве сооружений из сборных элементов / А.А. Комаров, С.М. Кузнецов, Р.М. Брызгалова. – М.: Изв. вузов. Строительство. – 1999. – № 10. – С. 54-57.
13. Круглова Н.Н. Концепция формирования парка машин / Н.Н. Круглова, К.С. Кузнецова, С.М. Кузнецов. – Новосибирск: Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2006. – № 12. – С. 3-5.
14. Karsten P. Anwendung fialogorientierter Projektierungsmethoden / P. Karsten, H. Kreitzschar. – Roiinno: Bauplanung Bautechnik. – 1981. – № 5. – P. 17-24.
15. Кузнецов С.М. Методика оценки надежности инвестиционных проектов / С.М. Кузнецов, О.А. Легостаева, С.Н. Ячменьков. – М.: Экономика ж.д. транспорта. – 2006. – № 2. – С. 20-26.
16. Сироткин Н.А. Оптимизация продолжительности строительства объектов / Н.А. Сироткин, С.М. Кузнецов, В.П. Перцев. – СПб.: Транспортное строительство, 2007. – № 5. – С. 16-17.

17. Сироткин Н.А. Оценка обоснованности очередности строительства объектов методом имитационного моделирования / Н.А. Сироткин, С.М. Кузнецов. – М.: Изв. вузов. Строительство, 2007. – № 1. – С. 81-86.
18. Кузнецов С.М. Оценка организационно-технологической надежности строительства зданий и сооружений / С.М. Кузнецов, Н.А. Сироткин, О.А. Легостаева, С.Н. Ячменьков. – М.: Изв. вузов. Строительство, 2006. – № 2. – С. 47-52.

Стаття надійшла до редакції 14.11.2016

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри ТКМтаМ Одеського національного політехнічного університету, академік Академії Безпеки та основ здоров'я **В.Г. Лебедев**