

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 1 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/TFZY8989>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 55.13.17

<https://doi.org/10.48081/INDS1857>**А. А. Барзов¹, *В. С. Пузаков²**¹Московский государственный университет имени

М. В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва

²ООО «Бюро Энергетика», Российская Федерация, г. Раменское**МОДЕЛЬ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
ЭТАПОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Разработка и детализация общего математически формализованного подхода к минимизации суммарных затрат на реализацию ключевых этапов жизненного цикла таких параметрически-вариативных систем является значимым, но во многом латентным резервом повышения их функционального качества. Наличие данного минимума, как правило, объясняется следующей противоречивой тенденцией изменения результирующей стоимости этапов создания и эксплуатации самых различных систем, которая в свою очередь зависит от эффективности принимаемых конструкторско-технологических решений. Вопрос о целесообразности масштабного применения на практике любых конструкторско-технологических решений инновационного характера, за редким исключением, не может быть решен без предикативной оценки их технико-экономической эффективности. Поэтому разработка моделей, позволяющих осуществить данную проектно-необходимую процедуру, является актуально-значимой для всех отраслей реальной экономики.

Предложена модель, позволяющая осуществить формализованную процедуру поиска оптимального соотношения между затратами на формирование и эксплуатацию производственных объектов. Модель обеспечивает возможность определения минимальной функционально-технологической себестоимости данных ключевых этапов жизненного цикла этих и технически аналогичных объектов. Приведен пример численной реализации модели с использованием в качестве оптимизируемого параметра уровня тепловых потерь при транспортировке тепловой энергии.

Ключевые слова: конструкторско-технические решения; предмет рассмотрения; экспертно-критериальный анализ.

Введение

Проблема поиска рациональной соотносительности между затратами на этапах создания и эксплуатации сложных физико-технических систем фактически сводится к решению следующей оптимизационно-стоимостной задачи [1–7]. Необходимо путём варьирования одного или нескольких основных

функциональных параметров анализируемой системы обеспечить минимальную суммарную стоимость основных этапов её создания и последующей эксплуатации, в том числе ремонтно-восстановительных работ. К характерным примерам таких систем можно отнести совокупность различных узлов трения, некоторые высокоответственные строительные и иные конструкции, а также многообразие объектов промышленности, например, на источниках генерации тепловой энергии и её транспорта потребителям. Поэтому разработка и детализация общего математически формализованного подхода к минимизации суммарных затрат на реализацию ключевых этапов жизненного цикла таких параметрически-вариативных систем является значимым, но во многом латентным резервом повышения их функционального качества. Причём, наличие данного минимума, как правило, объясняется следующей противоречивой тенденцией изменения результирующей стоимости этапов создания и эксплуатации самых различных систем, которая в свою очередь зависит от эффективности принимаемых конструкторско-технологических решений (КТР). Например: нанесение износостойких покрытий на контактные поверхности узлов трения повышает стоимость их изготовления, но снижает эксплуатационные затраты; применение более качественных строительно-дорожных материалов сопровождается увеличением стоимости возводимых объектов, однако уменьшает затраты на ремонтно-восстановительные работы и т.д. Поэтому разработка математической модели, позволяющей комплексно минимизировать стоимость этапов формирования различных изделий и/или объектов, а также текущую затратность их функционирования, представляется актуальной, особенно в случае анализа потенциала ожидаемой результативности инновационных КТР.

Материалы и методы

Вопрос о целесообразности масштабного применения на практике любых КТР инновационного характера, за редким исключением, не может быть решен без предикативной оценки их технико-экономической эффективности. Поэтому разработка моделей, позволяющих осуществить данную проектно-необходимую процедуру, является актуально-значимой для всех отраслей реальной экономики. Применительно к промышленным теплоэнергетическим системам как характерному науко- и технологически ёмкому предмету рассмотрения (ПР), в котором возможна комплексная реализация функционально-вариативного потенциала различных физико-технических инноваций, необходимо выделить два условно независимых доминантных слагаемых в большинстве технико-экономических моделей оценки эффективности универсально многоплановых и/или специализированных КТР.

Первое слагаемое затрат на реализацию процесса теплоснабжения потребителей непосредственно связано со стоимостью генерации тепловой энергии, в частности ценой нагрева теплоносителя, обычно подготовленной для этого технически чистой воды. Второе слагаемое обусловлено капитальными затратами на создание инфраструктуры для транспорта тепловой энергии. Причём, первое слагаемое является необходимым, а второе – фактически достаточным

условием теплообеспечения конкретных потребителей. Ключевым, безусловно выполняемым требованием, к системе генерации и транспортировки тепловой энергии является наличие у потребителя теплоносителя необходимой температуры и расхода. Очевидно, что снижение теплотерь по пути транспортировки тепловой энергии, а также увеличение КПД процесса генерации тепла являются основными резервами повышения технико-экономической эффективности систем теплоснабжения в целом.

Анализ показал, что наиболее реалистичным направлением снижения эксплуатационно-технологической стоимости транспорта тепловой энергии потребителю следует считать совершенствование теплосетей путем повышения их функционального КПД, который интегрально можно определить как:

$$\alpha = (t_n - t_k) / l, \tag{1}$$

где $\alpha \sim \text{const}$ – параметр, комплексно характеризующий функциональное качество системы транспорта тепловой энергии;

t_n и t_k соответственно температуры теплоносителя на начальном (исходном) и конечном у потребителя участках данной системы;

l – общая длина или протяженность теплотрассы.

Необходимо отметить следующее противоречивое обстоятельство. Действительно, снижая теплотери за счёт использования соответствующих КТР, т.е. уменьшая α , стоимость теплогенерации также будет снижаться. Поэтому решение задачи гарантированного теплообеспечения потребителя становится возможным при меньшей величине t_n и, как следствие, при меньшей стоимости выработки исходной тепловой энергии, при прочих равных условиях теплоэнергетического характера. Однако, уменьшение обычно сопровождается ростом уровня капитальных затрат на применение соответствующих инновационных КТР, как правило, более высокой стоимости. В связи с этим появляется реальная возможность определения рациональной с технико-экономических позиций соотносительности между исходными затратами на создание системы теплоснабжения и эксплуатационными расходами, обусловленными требуемым уровнем её теплофункциональности. В формализованном виде вышеизложенное можно представить в виде модели, отражающей взаимовлияние совершенства применяемых КТР и их затратностью:

$$C(t_n, \alpha) = c_T \cdot \alpha^n + c_G \cdot \alpha^{-m}, \tag{2}$$

где $C(t_n, \alpha)$ – общая стоимость генерации и транспортировки потребителю тепловой энергии требуемого уровня, который определяется значением t_k в (1);

c_T и c_G – соответственно коэффициенты, которые в исходном приближении конкретизируют величину затрат в стоимостном выражении на генерацию (G) и транспортировку (T) тепловой энергии;

n и m – соответственно параметры рассматриваемой модели (2), которые отражают в принципе нелинейный характер связи между качеством генерации тепловой энергии и эффективностью её доставки потребителю, а также стоимостью этих ключевых теплоэнергетических процессов.

Заметим, что $(-)$ в (2) при параметре m означает реально существующее обратно-пропорциональное влияние на капитальные затраты при строительстве теплотрасс: чем меньше тепловые потери, т.е. чем меньше α , тем более совершенны используемые для достижения этого соответствующие КТР и они, как правило, больше стоят на практике.

Таким образом, взаимонаправленное изменение первого и второго слагаемых, как функции t_H , определяют наличие минимума $C(t_H)$ а само выражение (2) можно рассматривать как целевую функцию оптимизации стоимости обеспечения потребителя тепловой энергией. Заметим, что в величине c_T необходимо учитывать удельные затраты на создание всех ключевых функциональных элементов системы теплоснабжения, в частности исходная стоимость строительства теплотрассы должна быть соотнесена с ресурсом её реалистичной эксплуатации. Причем, в структуру c_G и c_T несложно ввести относительную стоимость выполнения планово-профилактических и/или ремонтно-восстановительных работ, определяемую технико-экономическим качеством используемых КТР, также учесть экономическую значимость цикличности их проведения.

Для функциональной конкретизации слагаемых модели (2) проведем следующие достаточно общие рассуждения. На первом этапе анализа рассмотрим характер изменения стоимости транспорта тепловой энергии потребителю. Предположим, что было использовано чрезвычайно эффективное КТР, обеспечивающее практически полное теплосбережение выработанной тепловой энергии при её транспорте потребителю, т.е. $\alpha \rightarrow 0$ и соответственно имеет место соотношение: $t_K \sim t_H$. Тогда вполне очевидно, что стоимость этого КТР, например, применение многослойной экранно-вакуумной изоляции трубопроводов теплосетей, будет чрезвычайно высока. В другом полярном варианте, при фактическом отсутствии теплоизоляции стоимость прокладки такой теплосети составит практически постоянно-минимальную величину, определяемую теплопроводностью окружающей среды, например, грунта. Поэтому общий характер изменения второго слагаемого при росте будет иметь вид, представленный кривой 1 на рисунке 1. Отличительными чертами данной зависимости являются: резкое возрастание затрат на реализацию высокоэффективных КТР, обеспечивающих весьма малое значение C_{min} в (2) и асимптотическое падение до минимального значения стоимости строительства теплотрассы при использовании низкокачественной теплоизоляции.

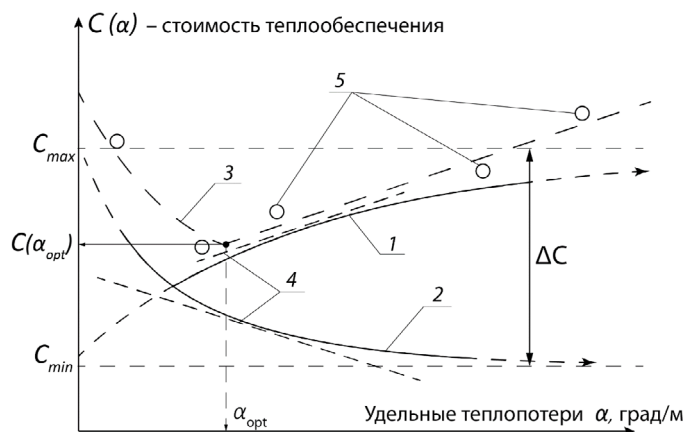


Рисунок 1 – Изменение суммарной стоимости теплообеспечения в зависимости от функционального качества теплоснабжения:

1 – стоимость выработки тепловой энергии с учётом теплотерь при её дистанционно-вариативной транспортировке; 2 – изменение уровня тепловых потерь в стоимостном выражении в зависимости от технического совершенства принимаемых КТР; 3 – общие (суммарные) расходы на теплоснабжение конкретного потребителя тепловой энергии в стоимостном выражении; 4 – линейная аппроксимация стоимостных зависимостей в области определения; 5 – результаты имитационного моделирования методом Монте-Карло; $\Delta C = C_{max} - C_{min}$ – технологически обусловленный интервал изменения теплоэнергетических затрат в стоимостном выражении

Результаты и обсуждение

В соответствии с результатами данного предварительного анализа влияния α – своеобразного коэффициента теплотерь, на втором этапе технико-экономического моделирования рассмотрим характер изменения стоимости генерации тепловой энергии. В этом случае, при малом и низком уровне потерь при транспорте тепловой энергии расходы на её генерацию будут минимальны, так как значение t_K будет достаточно близко к требуемой величине t_k – температуре теплоносителя у потребителя. Причём, при больших теплотерях, изменение затрат на генерацию тепла также асимптотически возрастет до некоторого максимального значения C_{max} , при этом общая тенденция изменения должна определяться нелинейной зависимостью типа 2, как показано на рисунке 1.

Исходя из полученных феноменологическим путём функциональных конкретизаций взаимонаправленного изменения первого и второго слагаемых модели (1), общий вид зависимости стоимости теплообеспечения $C(t_K)$ будет определяться кривой 3 (рисунке 1), которая должна иметь достаточно чётко выраженный минимум, определяемый оптимальным значением α_{opt} . Причем, условно на данном иллюстративном рисунке позиция C_{min} совпадёт для кривых 1 и 2, хотя на практике это лишь частный случай изменения функций затратности $c_1(\alpha)$ и $c_2(\alpha)$.

Очевидно, что для определения конкретного значения α_{opt} необходимо выполнение условия поиска экстремума (*min*) целевой функции $C(t_H)$, которое имеет вид:

$$\frac{\partial C(t_H, \alpha)}{\partial \alpha} = \frac{\partial}{\partial \alpha} [c_G \cdot \alpha^n + c_T \cdot \alpha^m] = 0 \rightarrow \alpha_{opt}. \quad (3)$$

Приведём пример реализации процедуры поиска α_{opt} . Для определенности положим, что $c_G \sim c_T$ и $n \sim m \sim 1,0$. Тогда, выполнив тривиальные преобразования с учётом данных значений c_G, c_T, n и m , из решения (3) окончательно получим:

$$\alpha = 1,0. \quad (4)$$

Конечно, рассмотренный пример имеет иллюстрированный характер и при более реалистичном варианте расчёта α_{opt} , в частности, в случае если $c_G = k^2 c_T$, где $k > 0,1$ – коэффициент соотносительности между удельной стоимостью создания теплотранспортной системы и эксплуатационными, т.е. текущими затратами на теплогенерацию, из (3) будем иметь:

$$\alpha = k^{-1} < 1,0. \quad (5)$$

Причем, (5) отражает хорошо известный факт, что суммарная стоимость выработки и передачи потребителю тепловой энергии за период регламентированного существования теплотранспортной инфраструктуры должна превосходить затраты на её создание.

Таким образом, модель вида (2) и выражение (3) позволяют, в случае адекватной численной конкретизации, входящих в данные соотношения параметров, например, расчётно-статистическим путём определить оптимальный уровень тепловых потерь в рассматриваемой структуре теплоснабжения по критерию минимума стоимостных затрат на обеспечение функционирования системы генерации и транспорта тепловой энергии потребителю.

Необходимо подчеркнуть, что более представительным, по сравнению с предлагаемой детерминизированной теплоэнергетической моделью вида (2) и её возможных модификаций, следует считать вероятностный подход к определению оптимального значения по экономическому критерию стоимости функционирования анализируемой системы теплообеспечения на всех этапах её жизненного цикла. Это объясняется недостатками конкретизации в замкнутом числовом виде всех входящих в структуру модели параметров и трудноформализуемых значительным количеством во многом латентных взаимосвязей между ними. Поэтому используем для расширения функциональных возможностей предикативного моделирования вероятностный подход, подробно рассмотренный в [8–11]. Для этого возможным и физически обусловленным теплопотерям придадим вероятностный смысл. Например, для некоторого

значения α стоимостные характеристики в (2) $c_{Г}(\alpha)$ и/или $c_{Т}(\alpha)$ будут означать вероятность достижения анализируемыми параметрами структурно-определенных затрат, которые должны соответствовать конкретным ценовым уровням. Тогда, в соответствии с этим предположением, общевероятностные функционально-стоимостные зависимости в (2) примут вид:

$$P_{Г}(\alpha) = \Delta C \cdot [1 - \exp(-k_{Г}\alpha)] + C_{\min}; \tag{6}$$

$$P_{Т}(\alpha) = \Delta C \cdot \exp(-k_{Т}\alpha) + C_{\min}, \tag{7}$$

где $k_{Г}$ и $k_{Т}$ – соответственно параметры, характеризующие степень влияния на зависимости $c_{Г}(\alpha)$ и $c_{Т}(\alpha)$;

$\Delta C = C_{\max} - C_{\min}$ – реалистичный интервал изменения слагаемых затрат на теплообеспечение, как в графическом виде показано на рисунке 1.

Заметим, что в (6) и (7) проведена соответствующая квазинормировка параметров, изменяющая масштаб варьирования вероятностных параметров. В частности, их сумма не превышает значения: $C_{\max} + C_{\min}$, что соответствует логически формализованному содержанию анализируемого ПР в виде технико-экономических характеристик системы генерации и транспорта тепловой энергии конкретному потребителю.

Подстановка (6) и (7) в (3) после линеаризации даёт следующее значение α_{opt} :

$$\alpha_{opt} = (k_{Г} - k_{Т}) / (k_{Г}^2 - k_{Т}^2). \tag{8}$$

Интерес представляет тот факт, что согласно приближенному выражению (8), основное влияние на α_{opt} оказывают интенсивности изменения $P_{Г}(\alpha)$ и $P_{Т}(\alpha)$, а не их абсолютные стоимостные значения.

Основным преимуществом вероятностно-стоимостного анализа модели вида (2) с учётом (6) и (7) является возможность проведения численного квазиэкспериментального изучения влияния исходных параметров на результирующую стоимость теплообеспечения путём реализации стандартной процедуры имитационного моделирования, например методом Монте-Карло. На рисунке 1 показан характер типового изменения параметров модели (2), а также некоторые расчётные данные, полученные имитационным моделированием. Заметим, что в вероятностной постановке задачи определения стоимости теплоснабжения более эффективно можно использовать результаты экспертно-критериального анализа (ЭКА) характера изменения зависимостей типа (6) и (7), а численные значения C_{\max} и C_{\min} для их конкретизирующего масштабирования определяются из имеющихся статистических баз данных.

Выводы

В результате выполненного анализа можно предложить следующий алгоритм оптимизации стоимостных затрат на реализацию всех ключевых этапов жизненного цикла типовых и перспективных систем теплоснабжения, который сводится к выполнению следующих вычислительных позиций:

1 По имеющимся статистическим данным, а также используя результаты ЭКА, определяются параметры детерминированной модели типа (2) и/или по сути её вероятностного аналога с учётом функциональных соотношений (6) и (7). Причём, обеспечить сопоставимость результатов моделирования можно путём соответствующей модернизации исходных зависимостей, например, за счёт уточнения параметра в модели (2) в виде: $\bar{\alpha} = C_{max}/(1 - \alpha)$, что практически совместит детерминированное и вероятностное описание анализируемых стоимостных соотношений.

2 По стандартной процедуре поиска экстремального (min) значения целевой функции в виде модели (2), а также с учётом её вероятностной интерпретации (6) и (7) определяется экономически оптимальное значение, которому соответствуют определенные КТР по обеспечению рационально-допустимого уровня теплопотерь.

3 Полученное значение α_{opt} используется для оценки эффективности принимаемых проектно-технических решений на ранних этапах жизненного цикла различных объектов теплоэнергетического профиля.

Таким образом, по мере многократной и по сути верификационной реализации, предлагаемого алгоритма определения экономически рациональных КТР, полученные результаты войдут в соответствующие табулированные базы данных. Эти базы данных, содержащие необходимые для предикативных расчётов сведения, станут основой для разработки предметно конкретизированной валидированной инженерной методики обоснованного выбора проектно-технических решений, которая по мере использования может быть автоматизирована путём создания целевого программно-математического продукта. При этом особое внимание следует уделить КТР по обеспечению ресурсных параметров объектов теплоснабжения, определяющим образом влияющих на их технико-экономическое совершенство.

В заключение отметим, что предлагаемый подход и, особенно, его вероятностная интерпретация могут оказаться достаточно результативными при технико-экономическом анализе и оптимизации затратности этапов создания и функционирования других технически сложных систем различного назначения, в том числе с учётом их ресурсно-эксплуатационных параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С. Вероятностная оценка качества инноваций на ранних этапах их жизненного цикла // Качество и жизнь. – 2018. – № 12. – С. 94–100.

2 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С. Вероятностное моделирование кинетики процесса обеззараживания жидкостей при их ультразвуковой гидрофизической обработке // Качество и жизнь. – 2018. – № 12. – С. 311–317.

3 Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Корнеев, С. С., Феофанов, А. Н. Вероятностный анализ результативности экспертизы ранних этапов жизненного

цикла высокотехнологической продукции // Вестник МГТУ «Станкин». – 2020. – № 2 (53). – С. 14–18.

4. **Барзов, А. А., Корнеева, В. М., Феофанов, А. Н.** Экспертиза информационно-диагностических возможностей формообразующих технологий // Вестник МГТУ «Станкин». – 2020. – № 1 (52). – С. 7–12.

5 **Барзов, А. А., Кузнецов, А. В., Сысоев, Н. Н.** Физические S-технологии. – М. : МГУ имени М.В. Ломоносова. Физический факультет. – 2021. – 233 с.

6 **Азгальдов, Г. Г., Азгальдова, Л. А.** Количественная оценка качества (Квалиметрия). Библиография. – М. : Изд-во стандартов. – 1971 г.

7 **Азгальдов, Г. Г.** Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М. : Экономика, 1982. – 256 с.

8 **Барзов, А. А., Ветлинская, М. В., Сысоев Н. Н.** Предиктивное моделирование трудноформализуемых категорий. М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет, 2021. – 274 с.

9 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Прохорова М. А., Сысоев, Н. Н.** Масштабный фактор (феноменология и физико-технологические применения). М. : МГУ имени М. В. Ломоносова. Физический факультет, 2021. – 194 с.

10 **Барзов, А. А., Пузаков, В. С.** Вероятностная модель предиктивной оценки экономической эффективности экспертизы проектов и инноваций // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 4.

11 **Гмурман В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. – М. : Высшая школа, 2004. – 479 с.

REFERENCES

1 **Barzov, A. A., Korneyeva, V. M., Korneyev, S. S.** Veroyatnostnaya otsenka kachestva innovatsiy na rannikh etapakh ikh zhiznennogo tsikla [Probabilistic assessment of the quality of innovations at the early stages of their life cycle] // Quality and life. – 2018. – No. 12. – P. 94–100.

2 **Barzov, A. A., Korneyeva, V. M., Korneyev, S. S.** Veroyatnostnoye modelirovaniye kinetiki protsessa obezzarazhivaniya zhidkostey pri ikh ul'trastruynoy gidrofizicheskoy obrabotke [Probabilistic modeling of the kinetics of the process of disinfection of liquids during their ultrajet hydrophysical treatment] // Quality and life. – 2018. – No. 12. – P. 311–317.

3 **Barzov, A. A., Korneyeva V. M., Korneyev, S. S., Feofanov, A.N.** Veroyatnostnyy analiz rezul'tativnosti ekspertizy rannikh etapov zhiznennogo tsikla vysokotekhnologicheskoy produktsii [Probabilistic analysis of the effectiveness of the examination of the early stages of the life cycle of high-tech products] // Bulletin of the MSTU «Stankin». – 2020. – No. 2 (53). – P. 14–18.

4 **Barzov, A. A., Korneyeva, V. M., Feofanov, A. N.** Ekspertiza informatsionno-diagnosticheskikh vozmozhnostey formoobrazuyushchikh tekhnologiy [Examination of information and diagnostic capabilities of form-building technologies] // Bulletin of MSTU «Stankin». – 2020. – No. 1 (52). – P. 7–12.

5 **Barzov, A. A., Kuznetsov, A. V., Sysoyev, N. N.** Fizicheskiye S-tehnologii [Physical S-technologies]. – Moscow : Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Faculty of Physics, 2021. – 233 p.

6 **Azgal'dov, G. G., Azgal'dova, L. A.** Kolichestvennaya otsenka kachestva (Kvalimetriya) [Quantitative assessment of quality (Qualimetry)]. – Bibliography. – Moscow : Publishing house of standards, 1971.

7 **Azgal'dov, G. G.** Teoriya i praktika otsenki kachestva tovarov (osnovy kvalimetrii) [Theory and practice of assessing the quality of goods (basics of qualimetry)]. – Moscow : Economics, 1982. – 256 p.

8 **Barzov, A. A., Vetlinskaya, M. V., Sysoyev, N. N.** Prediktivnoye modelirovaniye trudnoformalizuyemykh kategoriy [Predictive modeling of difficult-to-formalizable categories]. – Moscow : Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Faculty of Physics, 2021. – 274 p.

9 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Prokhorova, M. A., Sysoyev, N. N.** Masshtabnyy faktor (fenomenologiya i fiziko-tehnologicheskiye primeneniya) [Scale factor (phenomenology and physico-technological applications)] . – Moscow : Moscow State University named after M.V. Lomonosov. Faculty of Physics, 2021. – 194 p.

10 **Barzov, A. A., Puzakov, V. S.** Veroyatnostnaya model' prediktivnoy otsenki ekonomicheskoy effektivnosti ekspertizy proyektov i [A probabilistic model of predictive assessment of the economic efficiency of the examination of projects and innovations] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2021. – No. 4.

11 **Gmurman, V. Ye.** Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. – Moscow : Higher school, 2004. – 479 p.

Материал поступил в редакцию 17.03.22.

*A. A. Барзов¹, *В. С. Пузаков²*

¹М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы, Мәскеу қ.

²«Бюро Энергетика» ЖШҚ, Ресей Федерациясы, Раменское қ. Материал баспаға 17.03.22 түсті.

ӨНДІРІСТІК ОБЪЕКТІЛЕРДІ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ЖӘНЕ ПАЙДАЛАНУ КЕЗЕҢДЕРІН ТЕХНИКАЛЫҚ- ЭКОНОМИКАЛЫҚ ОҢТАЙЛАНДЫРУ МОДЕЛІ

Мұндай параметрлік-вариативті жүйелердің өмірлік циклінің негізгі кезеңдерін іске асырудың жалты шығындарын азайтудың жалты математикалық формализацияланған тәсілін әзірлеу және нақтылау маңызды, бірақ көбінесе олардың функционалды сапасын жақсартудың жасырын резерві болып табылады. Бұл минимумның болуы, әдетте, әртүрлі жүйелерді құру және пайдалану кезеңдерінің алынған құнын өзгертудің келесі қарама-қайшылықты тенденциясымен түсіндіріледі, бұл өз кезегінде қабылданған дизайн және технологиялық шешімдердің тиімділігіне байланысты. Инновациялық сипаттағы кез келген конструкторлық-

технологиялық шешімдерді практикада ауқымды қолданудың орындылығы туралы мәселе, сирек жағдайларды қоспағанда, олардың техникалық-экономикалық тиімділігін предикативті бағалаусыз шешілмейді. Сондықтан, осы жобалық-қажетті процедураны жүзеге асыруға мүмкіндік беретін модельдерді әзірлеу нақты экономиканың барлық салалары үшін маңызды болып табылады.

Өндіріс объектілерін қалыптастыру мен пайдалану шығындары арасындағы оңтайлы қатынасты іздеудің формальды процедурасын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін модель ұсынылған. Модель осы және техникалық жағынан ұқсас объектілердің өмірлік циклінің осы негізгі кезеңдерінің минималды Функционалды және технологиялық құнын анықтауға мүмкіндік береді. Жылу энергиясын тасымалдау кезінде жылу шығыны деңгейінің оңтайландырылған параметрі ретінде модельді сандық іске асырудың мысалы келтірілген.

Кілті сөздер: конструкторлық - техникалық шешімдер; қарау нысанасы; сараптамалық-критериалдық талдау.

A. A. Barzov¹, *V. S. Puzakov²

¹Lomonosov Moscow State University, Russian Federation, Moscow.

²LLC «Bureau Energy», Russian Federation, Ramenskoye.

Material received on 17.03.22.

TECHNO-ECONOMIC OPTIMIZATION MODEL OF PRODUCTION FACILITIES FORMATION AND OPERATION STAGES

The development and detailing of a general mathematically formalized approach to minimizing the total costs of implementing key stages of the life cycle of such parametric-variable systems is a significant, but largely latent reserve for improving their functional quality. The existence of this minimum is usually explained by the following contradictory trend of changing the resulting cost of the stages of creation and operation of a wide variety of systems, which in turn depends on the effectiveness of the design and technological decisions taken. The question of the feasibility of large-scale application in practice of any design and technological solutions of an innovative nature, with few exceptions, cannot be resolved without a predictive assessment of their technical and economic efficiency. Therefore, the development of models that allow the implementation of this design-necessary procedure is relevant for all sectors of the real economy.

A model is proposed that enables to carry out a formalized procedure for finding the optimal ratio between the costs of forming and operating production facilities. The model allows you to determine the minimum functional and technological cost of these key stages of the life cycle of these and technically similar objects. An example of a numerical implementation of the model using the level of thermal losses during heat energy transportation as an optimizable parameter is given.

Keywords: design and technical solutions; subject of consideration; expert-criterion analysis.

Теруге 17.03.22 ж. жіберілді. Басуға 27.03.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

15 Мб RAM

Шартты баспа табағы 14,5. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3952

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>