УДК 005.93

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАКЛЮЧЕНИЯ ГОСКОНТРАКТА НА ПОСТАВКУ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ НУЖД ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА (ЧАСТЬ 2)[1]

OPTIMIZATION OF THE STAGES OF THE STATE CONTRACT EXECUTION FOR THE SUPPLY OF SPARE PARTS (PART 2)

Гусев В.И., канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «НИИЦ ЖДВ» Минобороны России (Москва, Россия)

Малыхина И.В., соискатель ученой степени кандидата наук, ФГБУ «Институт стандартизации» (Москва, Россия)

Gusev V.I., PhD, Leading Researcher at the Research Institute of Railway Engineering of the Ministry of Defense of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Malykhina I.V., applicant for a PhD degree, Russian Standardization Institute (Moscow, Russia)

В первой части была рассмотрена постановка задачи оптимизации протяженности отдельных этапов исполнения госконтракта, образующих единый годовой цикл планирования и управления закупками запасных частей. Это позволило прояснить содержание понятия «отдельный этап исполнения госконтракта».

Вторая часть раскрывает содержание конструктивной процедуры[2], необходимой для определения мероприятий по закупке запасных частей. В силу внутреннего содержания мероприятий, которое включает в себя манипулирование математическими соотношениями, последовательность мероприятий может рассматриваться как операция[3], а сформулированная оптимизационная задача – как задача исследования операций. Таким образом, в дополнение к первой части, где указывалось на использование методологии системного анализа для прояснения понятия «отдельный этап исполнения госконтракта», во второй части применяется методология исследования операций, позволяющая обозначить необходимость не только в раскрытии содержания понятия, но и необходимость построения конструктивной процедуры для применения проясненного понятия на практике.

Ключевые слова: запасные части, отдельный этап, коэффициент технической готовности, этапы закупки, жизненный цикл.

Для цитирования: Гусев В.И., Малыхина И.В. Совершенствование процесса заключения госконтракта на поставку запасных частей для нужд городского транспорта (часть 1) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 5(92). С. 73–78.

In the first part, the problem of optimizing the duration of individual stages of state contract execution was considered. These stages form a single annual cycle for planning and managing the procurement of spare parts. This made it possible to clarify the meaning of the term "individual stage of state contract execution".

The second part describes the measures required to develop a constructive procedure for procuring spare parts. Given the internal content of these measures, which includes mathematical relationships, the sequence of measures can be regarded as an operation, and the formulated optimization problem can be viewed as an operations research problem.

Thus, in addition to the first part, which highlighted the use of systems analysis methodology to clarify the concept of an "individual stage of state contract execution", the second part applies operations research methodology to demonstrate not only the need to define the concept but also the necessity of developing a constructive procedure for applying the clarified concept in practice.

Keywords: spare parts, separate stage, technical readiness factor, procurement stages, and life cycle.

For citation: Gusev V.I., Malykhina I.V. Optimization of the stages of the state contract execution for the supply of spare parts (II part) // Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026; 5(92): 73–78. (In Russ.).

ВВЕДЕНИЕ

Согласно принципу дополнительности моделирование системы может быть осуществлено с различной степенью детализации [1]. Увеличение числа переменных, вводимых в модель, дает возможность все более и более точно отражать функционирование реального объекта – вплоть до сведения применимости модели к единственным уникальным требованиям конкретной технической или организационно-технической системы. При этом неизбежно происходит усложнение и потеря концептуальной ясности: построенная модель видится как решение частной задачи, не обладающей методической ценностью.

В задачах исследования операций речь идет о математическом обосновании конструктивной процедуры. На основе процедуры формируется последовательность

[1] Гусев В.И., Малыхина И.В. Совершенствование процесса заключения госконтракта на поставку запасных частей для нужд городского транспорта (часть 1) // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 4(91). С. 52–56.

[2] «Упорядоченная совокупность взаимосвязанных определенными отношениями действий, направленных на решение задачи» [3, с. 10]. Решение задачи осуществляется за конечное число шагов.

[3] «Исследование операций начинается тогда, когда для обоснования решений применяется тот или иной математический аппарат» [2, с. 9].

мероприятий, исполняемых организационно-технической системой. Сущность процедуры отражается в алгоритме решения оптимизационной задачи. В контексте данного изложения алгоритм проектируется исходя из принципа дополнительности, трактуемого как соблюдение баланса между детализацией и концептуальной ясностью алгоритма.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ ОТДЕЛЬНОГО ЭТАПА ИСПОЛНЕНИЯ ГОСКОНТРАКТА

Разумной представляется следующая последовательность шагов:

1. Определение максимальной начальной цены контракта (МНЦК) в текущем году на следующий финансовый год и плановый период.

2. Формализация цикла управления; определение целевой функции, отражающей минимальное расхождение (в точках равновесия) между стоимостью производственных потерь от дефицита запасов на складе и стоимостью логистики, обеспечивающей поставку запасов на склад.

3. Построение имитационной модели системы «склад», представленной на рис. 5, для нахождения точек равновесия.

4. Моделирование поведения системы «склад».

5. Определение рационального количества отдельных этапов исполнения госконтракта.

Рассмотрим шаги подробнее.

Шаг 1. Определение МНЦК

Потребное количество запасных частей рассчитывается по нормам расхода запасов[4] и определяется выражением:

$$A_1 = m_i \cdot \lambda_i \cdot T_i, \quad (1)$$

где

A_1 – количество запасов, потребных в течение года на одну машину;

m_i – число запасов i-го типа в одной машине;

λ_i – интенсивность отказов запаса i-го типа;

T_i – наработка i-го запаса в течение года.

Нетрудно увидеть, что затраты на парк машин пропорциональны количеству машин в парке и стоимости запаса. Исходя из этого расчет стоимости необходимых запасов на следующий год принципиальных трудностей вызывать не должен. Затраты по нормам расхода экономны, но полной гарантии достаточности запрашиваемых средств не дают. Альтернативный подход определения МНЦК заключается в расчете запасов с заданным коэффициентом готовности складских запасов, например 95%. В этом случае запасы хранятся в комплектах ЗИП – запасные части, имущество и принадлежности. Среди большого количества публикаций по оценке надежности систем с учетом ЗИП выделяется монография Г.Н. Черкесова [2], раскрывающая базовые методы количественного формирования групповых запасов. Однако на этапе заключения контракта нет необходимости в строгих оптимизационных расчетах. Можно воспользоваться верхней оценкой готовности комплектов запасов для определения МНЦК. Для этого формулу (1) перепишем для парка машин:

$$A_n = n \cdot A_1, \quad (2)$$

где

A_n – количество запасов, потребных в течение года на парк машин;

n – количество машин в парке.

Из (2) следует суммарная интенсивность λ_n для определения количества запасов для парка машин.

$$\lambda_n = n \cdot m \cdot \lambda_i, \quad (3)$$

где

λ_n – суммарная интенсивность отказов запчасти i-го типа.

Далее следует построение графика накопительной вероятности случайной величины, распределенной по закону Пуассона. Пример графика для парка в несколько сотен машин приведен для запасов с четырьмя интенсивностями (рис. 1).

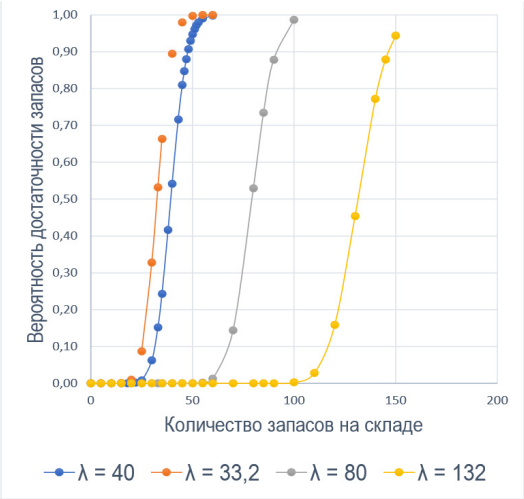


Рис. 1. Накопительные вероятности типов запасов

Из графиков видно, что средние значения, определяемые как значения по нормам расхода, равные интенсивностям запасов, меньше, чем необходимое количество деталей для 95%-ной готовности склада. Например, самый правый график указывает, что по нормам расхода необходимо закупить 132 запаса данного типа. При 95%-ной готовности необходимое количество равно 152. Если цена детали равна

[4] Запас – это запасные части одного типа в составе группового комплекта запасных частей для больших парков техники.

1000 руб., то МНЦК по нормам расхода будет на 20 000 руб. меньше, чем при оценке надежности машин с учетом ЗИП по критерию достаточности запасов. Данная последовательность повторяется по всем типам запасных частей. В каждом случае должны быть построены конкретные графики накопительных вероятностей. МНЦК равна сумме стоимостей всех запасов при 95%-ной готовности склада по каждому типу. Сумма больше данной лишена смыслового обоснования.

Шаг 2. Формализация цикла управления

Содержательное описание временной логики управления закупками в рамках госконтракта является достаточным основанием для ее формализованного представления в виде математических соотношений (рис. 2).

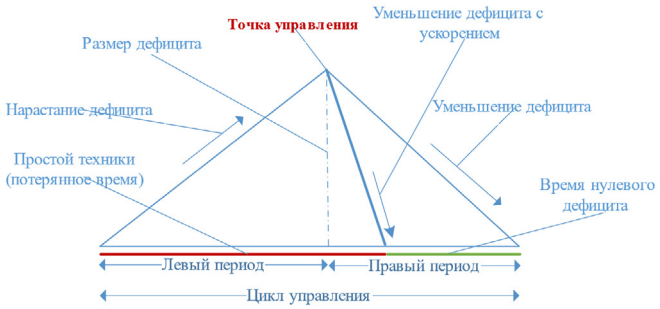


Рис. 2. Метрики цикла управления

Для этого еще раз рассмотрим треугольники управления, но теперь не с точки зрения причинно-следственных утверждений, выраженных на естественном языке и в графических конструкциях, а с точки зрения их формального представления в виде математических отношений, эксплицирующих содержательно сформулированную систему «склад».

Введем обозначения в соответствии с рис. 2:

V_l – скорость нарастания дефицита в прошлом периоде цикла (left – левый период);

V_r – скорость потока компенсации дефицита в текущем периоде цикла (right – правый период);

Q – размер дефицита;

t_l – время левого периода цикла управления;

t_r – время правого периода цикла управления;

t_{loft} – потеря времени (lost of time);

A – коэффициент повышения скорости потока (Acceleration).

Размер дефицита Q нарастает в левом периоде и убывает до нуля в правом. Имеют место равенства:

$$Q = (V_l - V_r) \cdot t_l; \quad (4)$$

$$Q = A \cdot (V_l - V_r) \cdot t_r. \quad (5)$$

Учитывая, что при $A = 1$, $t_l = t_r$, из (4) и (5) следует

$$t_{loft} = t_l + \frac{t_l}{A}. \quad (6)$$

При $A \to \infty$ $t_{loft} \to t_l$, что упрощает вычисления.

Чем меньше потери времени при использовании техники по назначению, тем лучше, тем меньше финансовые потери, вызванные простоем техники из-за нехватки запасных частей. Однако при этом возрастают затраты на логистику.

$$t_{logistic} = \frac{12}{t_{cc}}, \quad (7)$$

где

$t_{logistic}$ – логистические затраты;

12 – протяженность календарного года, мес;

t_{cc} – протяженность цикла управления (cycle control), мес.

Затраты тем больше, чем короче цикл управления, в пределе

$$t_{logistic} \to \infty.$$

Разность между затратами из-за простоя техники по причине дефицита запасных частей и затратами на логистику определяет равновесие системы на некотором пространстве переменных t_{cc} и t_l при выполнении условия (8)

$$|t_{loft} - t_{logistic}| \to min. \quad (8)$$

Действительно, чем короче цикл управления, тем большее количество точек управления размещается внутри финансового года, тем большим количеством управления располагает лицо, принимающее решение (ЛПР). Однако рост управляемости нарушает целевую функцию (8). Поэтому необходимо административное воздействие на логистическую систему с целью уменьшения затрат. При этом (8) будет выполняться при меньших простоях, т.е. при меньших значениях t_{loft} и при меньших логистических затратах $t_{logistic}$. С учетом этого (8) перепишется так:

$$|t_{loft} - k \cdot t_{logistic}| \to min, \quad (9)$$

где

k – коэффициент уменьшения стоимости логистики.

При $k = 1$ имеет место равновесие в системе: финансовые потери от простоя техники равны логистическим затратам. Уменьшение логистических затрат повышает управляемость за счет высвободившихся ресурсов.

Выражение (9) является целевой функцией имитационной модели системы «склад», алгоритм функционирования которой реализует цикл управления (см. рис. 2).

Шаг 3. Построение имитационной модели

Модель предназначена для изучения поведения системы[5] «склад» при изменении входных параметров: 1) продолжительности цикла управления; 2) относительных затрат на логистические операции; 3) скорости нарастания дефицита запасов на складе; 4) вероятности успешного прогноза потребного количества запасов в следующем календарном году. Практический интерес представляет состояние, при котором дефицит не вызывает недопустимые производственные потери. Это желаемый результат деятельности лица, участвовавшего в выработке решений (ЛУВР) на закупку. Модель позволяет получать альтернативные варианты финансового равновесия и тем самым способствует лучшему пониманию ЛУВР процессов оптимизации в границах своего промышленного предприятия, а не в ограничениях методологии системной динамики, описывающей реальную систему с принципиальных позиций, с отвлечением от необходимой детализации при построении моделей деятельности реально существующих автомобильных компаний. На практике целевые функции, построенные на основе отношения (9), отражают особенности эксплуатации техники в конкретных компаниях. Однако формула разности производственных потерь и затрат на логистику будет неизменным их содержанием и поэтому определяется как структура[6] системы «склад» в контексте решаемой задачи.

Шаг 4. Моделирование поведения системы «склад»

ЛУВР рассматривает поведение реальной системы закупок через призму поведения модели системы «склад». Поэтому ЛУВР, прежде чем затребовать разработку детальной корпоративной модели для финансовых расчетов, должен затребовать разработку концептуальной модели, не ориентированной на предприятие и отражающей задачу с принципиальных позиций, без необходимой детализации, а следовательно, более доступной для понимания и реализации. В частности, возможно воспользоваться моделью, разработанной в рамках данной статьи[7]. В модели, представленной в облаке, ЛУВР может управлять параметрами для наблюдения состояния склада: нарастание дефицита – уменьшение дефицита – нулевой дефицит.

Доступны входные параметры:

– стандартное отклонение скорости нарастания дефицита от прогнозируемого;

– вероятность успешного прогноза потребного количества запасов в следующем календарном году;

– коэффициент ускорения логистических операций;

– коэффициент удешевления логистики.

Выходные переменные две:

– протяженность цикла управления;

– возможный максимальный дефицит запасов на протяжении жизненного цикла.

ЛУВР изучает поведение модели с целью оценки зависимости управляемости процесса закупки запасов от параметров, воздействующих на процесс.

Шаг 5. Определение рационального количества отдельных этапов исполнения госконтракта

Количественная оценка зависимости управляемости от стоимости логистики осуществляется в два шага (рис. 3).



Рис. 3. Повышение управляемости процесса «Исполнение госконтракта на закупку запасных частей»

На первом шаге определяется точка равновесия, а на втором – вычисляется длина цикла управления в зависимости от уменьшения логистических затрат относительно точки равновесия (см. рис. 2). В терминах программного пакета Anylogic[8] это означает, что на первом шаге модель исполняется в режиме оптимизационного эксперимента, а на втором – в режиме варьирования параметрами. На рис. 8 в точке равновесия $k = 1$ цикл управления равен 6,9 мес после округления в меньшую сторону, $t_{cc} \approx 6$ мес, что означает принятие управленческих решений два раза в год: в конце первого и третьего кварталов каждого календарного года на протяжении жизненного цикла. Если затраты на логистику уменьшаются, управляемость закупками возрастает, т.к. протяженность цикла управления уменьшается. На рис. 3 показано, что восьмикратное уменьшение затрат на логистику сокращает цикл управления до 2,5 мес. Округление в меньшую сторону дает $t_{cc} \approx 2$ мес, что соответствует 6 точкам управления вместо двух. Потенциально управляемость возросла.

[5] «Поведением системы назовем изменение ее состояния (и соответственно выходы), исходом которого является некоторый результат» (Г.С. Поспелов, В.А. Ириков, см. [5], с. 31).
[6] Структура – это то, что остается неизменным при изменении системы см. [5] , с. 31.
[7] Модель располагается в облаке по адресу: https://cloud.anylogic.com/model/a3666e06-e1a1-4bdf-8b73-5869dffcf42a и представляется «как есть».
[8] Интернет-ресурс: Anylogic.ru

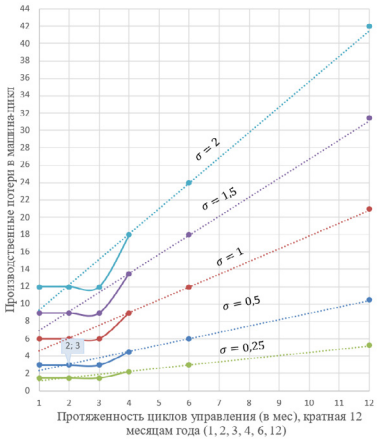


Рис. 4. Зависимость потерь при различных стандартных отклонениях скорости потребления от запланированной

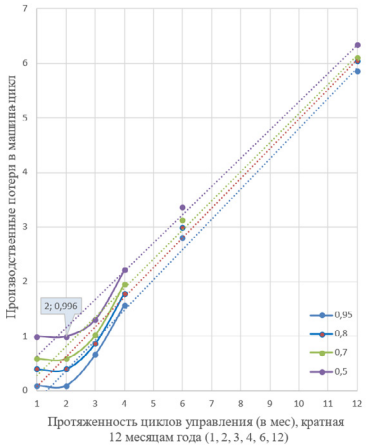


Рис. 5. Зависимость потерь при различной вероятности реализации прогноза равенства метрик в двух и более циклах управления подряд при σ = 0,5 и прогнозах 0,95; 0,8; 0,7; 0,5

На рис. 4 рассматриваются циклы, кратные протяженности финансового года. Это удобно с практической точки зрения. На графике видно, что скорость производственных потерь зависит от протяженности цикла управления.

Однако, если отсутствуют управляющие воздействия, т.е. σ увеличивается, потери заметно растут. Потери нарастают в левом периоде цикла (см. рис. 2), а в правом периоде происходит обратный процесс – восполнение потерь. Чем меньше длина цикла, тем чаще система «склад» возвращается в бездефицитное состояние. Поддержание этого состояния обеспечивается прогнозом потребностей в следующих годах, т.е. устремлением $\sigma \to 0$.

Лучший прогноз обеспечивается комплексом мероприятий, обоснование которых опирается на теорию надежности технических систем с учетом ЗИП [2]. Положения теории дают основания для утверждения в организации деятельности предприятия, обеспечивающей по крайне мере 50% предсказания нулевого складского дефицита вполне реализуемым. На рис. 5 при 50%-ном прогнозе производственные потери равны примерно одной (точка 0,996 ≈ 1) машине в годовом исчислении, в то время как потери без управляющих воздействий по улучшению прогноза составляют 3 машины (см. рис. 4). При более высоких вероятностях успешного прогноза потери приближаются к нулевым значениям, особенно это видно при протяженности цикла управления, равной 2 мес (это 6 точек управления в год). Нулевые потери означают соблюдение принципов бережливого производства и управления [3].

Состояние склада на временной оси жизненного цикла показано на рис. 6. Следует отметить, что при классическом исполнении госконтракта (см. рис. 2) цикл управления равен 3 годам[9], нарастание дефицита весьма заметно, т.к. накопление происходит два календарных года; например, при σ = 0,25 результаты имитационного моделирования показывают среднюю скорость нарастания дефицита 0,166 детали в мес, что равносильно 0,166 машин в мес. Производственные потери (например, невыполненные рейсы) выражаются арифметической прогрессией:

$$0{,}166\ \frac{\text{машина}}{\text{мес}} \cdot \left(\frac{1+24}{2} \cdot \text{мес}\right) \cdot 24\ \text{мес} \approx 50\ \text{машино-цикл} \quad (10)$$

Выражение (10) отражает потери нарастающим итогом. В первый месяц цикла выходят из строя 0,166 машин и остаются неисправными до конца цикла, т.е. все 24 месяца. Для простоты дальнейших рассуждений допустим, что темп выхода из строя равен 1 машине в месяц. Тогда производственные потери измеряются неисправностью одной машины на протяжении 24 мес (рис. 6).

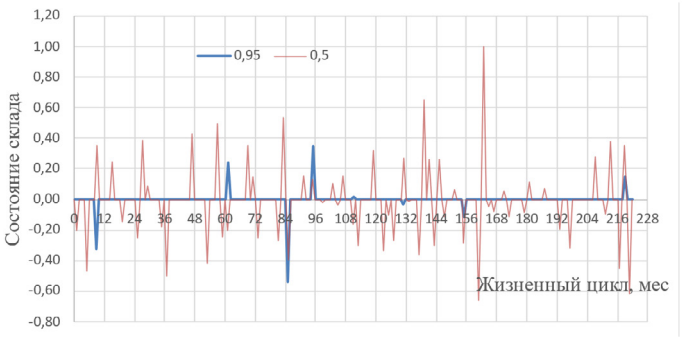


Рис. 6. Зависимость состояния склада от вероятности успешного прогноза потребления 0,95 и 0,5 при σ = 0,5 и цикле управления t_{cc} = 2 мес

[9] В терминологии закона № 44-ФЗ первый год соответствует текущему финансовому году, второй и третий год – первому и второму году планового периода соответственно. См. План-график закупок товаров и услуг… (в ред. Постановлений Правительства РФ от 06.08.2020 № 1193, от 07.11.2020 № 1799, от 01.12.2021 № 2151).

Например, не будут выполнены 24 запланированных рейса. Во второй месяц выходит из строя еще одна машина и остается неработоспособной 23 мес. Суммарные потери за два месяца пропорциональны 24 + 23 и т.д. Процесс потерь описывается арифметической прогрессией. В выражении (10) в числителе указаны первый и последний члены прогрессии. Размерность машино-цикл подчеркивает физический смысл выражения (10): в течение 24 мес 50 машин не будут использованы по назначению. Для небольших парков машин в 100–200 единиц – это серьезные потери. Потери заметно растут при ухудшении прогноза. Так, при σ = 2 детали/мес средняя скорость нарастания дефицита увеличивается до 1,33 деталей в мес, а потери за цикл управления, равный 24 мес, становятся равными 399 машино-цикл. Возможная интерпретация звучит так: за 24 мес. не будет выполнено 399 рейсов. Большие значения потерь при сравнительно малых скоростях нарастания дефицита объясняют дискуссию в профессиональном сообществе по смягчению требований закона № 44–ФЗ относительно товаров, потребное количество которых трудно предсказать в текущем году на следующий финансовый год и плановый период протяженностью 2 года. В сущности, требуется планирование на три года вперед. Непростая задача, если речь идет о закупке запасных частей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уменьшить неопределенность, возникающую при планировании приобретения запасных частей, возможно. Для этого необходимо уменьшить интервал планирования закупок, воспользовавшись понятием «отдельный этап исполнения госконтракта». Автотранспортное предприятие, используя алгоритм определения рациональной этапности исполнения госконтракта, определяет план мероприятий по исполнению шагов алгоритма применительно к собственной стратегии развития. Однако полномасштабная реализация мероприятий требует заметных затрат, поэтому рациональным представляется предварительное выполнение концептуального моделирования закупок.

***Рецензент: Герасимова Елена Борисовна**, доктор экономических наук, профессор, кафедра бизнес-анализа факультета налогов, аудита и бизнес-анализа Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация. E-mail: egerasimova@fa.ru*

Список литературы

1. Арманд А., Таргульян В.О. Системные исследования. Ежегодник // Принцип дополнительности и характерное время в географии. – М.: Издательство «Наука», 1974. – С. 146–153.
2. Черкесов Г.Н. Оценка надежности с учетом ЗИП. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 480 с.
3. Логашкин А.А. Опыт внедрения инструментов бережливого производства на малых и средних предприятиях Российской Федерации // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2026. № 1 (88). С. 90–95.
4. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 206 с.
5. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. (Введение). – М.: Советское радио, 1976. – 440 с.

References

1. Armand, A., Targulian, V.O. Systems Research: Yearbook // The Principle of Complementarity and Characteristic Time in Geography. – Moscow: Nauka Publishing House, 1974. – P. 146–153.
2. Cherkesov, G.N. Reliability Assessment Taking into Account Spare Parts. St. Petersburg: BHV-Petersburg: BHV-Petersburg, 2012. 480 p.
3. Logashkin, A.A. Experience in Implementing Lean Production Tools at Small and Medium-Sized Enterprises in the Russian Federation// Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2026. Vol. 2026, No. 88. P. 90–95.
4. Venttsel, E.S. Operations Research: Problems, Principles, Methodology: A Textbook for Higher Education Institutions. – Moscow: Vysshaya Shkola, 2001. – 206 p.
5. Pospelov, G.S., Irikov, V.A. Program-Targeted Planning and Management. (Introduction). Moscow: Soviet Radio, 1976. 440 p.