

УДК 519.66517.44

к.т.н. Шиков Н. Н.,
к.т.н. Бойко Н. З.,
Шиков Р. Н.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, shikovnik2010@mail.ru)

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ЦЕНТРА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Предложен и апробирован метод управления запасами сервисных центров с учетом случайного характера спроса на обслуживание бытовой техники, положенный в основу бизнес-процесса формирования рационального уровня запасов.

Ключевые слова: случайный спрос, байесовский алгоритм, классификатор, формирование заказа, бытовая техника, элементы и ремонтные узлы, бизнес-процесс, центр сервисного обслуживания.

Постановка проблемы. Когда предложение на бытовую технику превышает спрос, что характерно для положительного тренда экономического развития общества, покупатели ожидают от производителей высокий уровень доступности товаров, широкий ассортиментный ряд и качественное и доступное обслуживание. Для этих условий можно сформировать стратегическое поведение производителей и ретейлеров, состоящее в стремлении достигнуть устойчивой конкурентоспособности товара за счет полного удовлетворения потребностей рыночных сегментов и в первую очередь добиться высокого уровня сервисного обслуживания реализуемой бытовой техники. Основной принцип современного сервиса заключается в том, что фирма-производитель товара берет на себя ответственность за поддержание работоспособности изготовленного изделия в течение его срока службы. С целью создания широкого спектра услуг фирмами-производителями бытовой техники предпринимаются значительные усилия по созданию центров гарантийного обслуживания, которые предположительно должны обеспечить предпродажное, продажное и послепродажное обслуживание, а также ремонт бытовых приборов и техники других производителей. Между производителями и организациями по обслуживанию

бытовой техники для правового регулирования используется договорная конструкция коммерческой концессии (в виде франчайзинга или франшизы), широко применяемая в зарубежных странах для послепродажного обслуживания авто.

Известно, что одной из весомых частей инвестиционных проектов в активы сети сервисного обслуживания являются оборотные средства, обеспечивающие качественное сервисное обслуживание, предписанные законодательством сроки выполнения гарантийного ремонта (до 14 дней) и контрактные условия по ускоренному обслуживанию (до 5 дней).

Как правило, у производителей продукции суммарные запасы в денежном выражении составляют не более 15–25 % от всех активов, а вот в организациях, оказывающих сервисные услуги, эта сумма составляет 50 % и более. Поэтому в центрах сервисного обслуживания в связи с низкой ликвидностью запасов и высокими затратами на их формирование к управлению снабженческой деятельностью относятся как к одному из основных бизнес-процессов.

К обобщающим критериям оценки работы сервисных центров относятся: возможность адаптации организации к случайному потоку заявок на обслуживание, качественные показатели сервисного обслуживания, приемлемые сроки выполненных работ и,

конечно же, непрерывный поиск путей по снижению затрат на формирование запасов. Очевидно, что избыток запасов в сервисных центрах увеличивает себестоимость услуг за счет затрат на хранение, страховок, арендных платежей, но при недостаточном уровне запасов появятся нарушения временных гарантийных обязательств, а также наблюдается снижение доходов, ввиду отсутствия возможности своевременно удовлетворить поступающие заявки на обслуживание бытовой техники. Противоречие в сервисной сфере услуг заключается в том, что, с одной стороны, сети обслуживания в перспективе будут оставаться востребованы, а это значит, что такой бизнес является привлекательным с точки зрения инвестирования, а с другой стороны, присутствуют значительные предпринимательские риски ввиду высокой конкурентной среды в виде нелегальных мастерских с «быстрым» и «недорогим» обслуживанием. Очевидно, что эти явления замедляют инновационные процессы в легальном правовом поле. Разрешение такого противоречия актуализирует содержание исследований в области снижения затрат при формировании запасов.

Цель работы — исследовать практические методы снижения затрат при формировании запасов сервисных центров с учетом случайного характера спроса на обслуживание бытовой техники и на этой основе решить задачу оптимизации структуры и объема запасов.

Анализ последних исследований и публикаций. В отечественной литературе по логистике достаточно широко освещены процессы формирования сбытовых запасов в виде: ремонтных узлов и отдельных элементов для устранения неисправностей, транспортных запасов, хранящихся на складах готовой продукции фирмы-производителя, специализированных комплектов в центрах сервисного обслуживания для удовлетворения спроса в ходе предпродажных, продажных и послепродажных операций. Запасы, как правило, рассматриваются авторами в общей кон-

цепции управления оборотным капиталом организации, а глубоко изучаются в соответствии с декомпозированной структурой: текущие, страховые, сезонные, а также запасы продвижения [5].

Решение задач управления оборотным капиталом в научных работах [1–3] переведено в класс статистического анализа на основе теории массового обслуживания (СМО) или регрессионных моделей спроса. В первом и во втором случаях авторами устанавливаются зависимости между основными характеристиками системы обслуживания (вероятность обслуживания, интенсивность потока заявок и интенсивность обслуживания). Решение задачи управления запасами носит оптимизационный характер, направленный на минимизацию суммарных затрат при простоях каналов обслуживания, с учетом временных и ресурсных потерь в системе.

Очевидно, что алгоритмы СМО являются достаточно сложными, так как требуют большого накопления статистического материала для установления интенсивности потоков и непрерывного уточнения параметров законов распределения по заявкам на обслуживание и интенсивностей их обслуживания. Для оценки экономии запасов исследователи [1,2] использовали закон Д. Литтла: $L = k \cdot w$, где L — запасы, k — объём потребления и w — продолжительность цикла. Благодаря этой формуле было установлено уменьшение запасов при определённом сокращении цикла. Таким же образом показаны возможности перевода количества задолженных заказов в продолжительность задержки их выполнения.

Сравнительный анализ расчетных показателей управления запасами, полученных по классическим формулам и по детализирующим выражениям на основе СМО, отличаются на 10–15 %, что во многом определяется непрерывностью процессов аппроксимации спроса и оценкой периодичности его изменения в СМС.

Постановка основной задачи. Кроме широко используемых стратегий управле-

ния запасами на промышленных предприятиях (*активная* — запасы максимально сокращаются, предприятие балансирует в пределах минимальных затрат и упущенных выгод; *сдержанная* — предприятие имеет усредненную прибыль и умеренные производственные и сбытовые риски; *консервативная* — предприятие формирует большие страховые запасы, «замораживая высоколиквидные средства в запасах) при определении потребности в запасах для сервисных центров должны быть учтены следующие особенности:

- процессы формирования страховых запасов в виде элементов и ремонтных узлов (ЭРУ);
- производственные мощности сервисного центра и охватываемой территории обслуживания;
- уровень подготовки персонала, определяющий время обслуживания (ремонт);
- финансовые ресурсы организации;
- уровень средств диагностики неисправностей в процессе ремонта техники и пр.

Основные статьи расходов на ремонт и обслуживание бытовой техники представляют собой трудовые затраты, затраты на формирование запасов и стоимость ЭРУ.

Затраты времени на обслуживание бытовой техники, как правило, отражены в нормативных справочниках и зависят от вида ремонта и квалификации специалистов. Затраты на формирование запасов всецело зависят от принятой стратегии управления ними. Для пополнения запасов в центрах сервисного обслуживания широко используется система с фиксированным периодом времени между заказами. Отличительной чертой системы управления запасами является то, что заказы осуществляются периодически в расчетные моменты времени. При этом размер заказа — величина варьируемая, которая зависит от марки бытовой техники и ее параметров, композиционных узлов, сроков гарантийного ремонта, затрат на формирование запасов, а также последствий дефицита запасов.

Для расчета параметров системы управления ЭРУ за определенный период необходимы усредненные исходные данные [5]:

- объем потребления ЭРУ за анализируемый период (S_p);
- интервал времени между заказами (τ_z);
- временные затраты на выполнение заказа (t_i);
- запаздывание в поставках (t_z).

Методика вычисления основных параметров пополнения запасов ЭРУ в системе с фиксированным периодом времени между заказами сервисного центра предполагает выполнение следующих расчетов.

1. Дневная потребность в запасах ЭРУ определяется как отношение используемых ЭРУ за анализируемый период (S_p) к количеству рабочих дней в анализируемом периоде.

2. Страховой запас ЭРУ на складе рассчитывается как произведение дневной потребности ЭРУ на складе и запаздывания в поставке.

3. Ожидаемое использование запасов ЭРУ на складе за время выполнения заказа (*ИЗ*) определяется как произведение дневной потребности ЭРУ на складе и временных затрат на выполнение заказа.

4. Расчетный максимальный уровень (*РМУ*) запасов ЭРУ на складе определяется как сумма страхового запаса на складе и произведения отрезка времени между заказами и установленной дневной потребностью ЭРУ на складе.

5. Величина заказа (*ВЗ*) в рассматриваемой системе управления запасами — варьируемая переменная — вычисляется по следующему алгоритму:

$$BZ = PMU + ИЗ - B3T, \quad (1)$$

где $B3T$ — величина запасов ЭРУ на складе на момент заказа.

Зная общий расход ЭРУ за плановый период, можно определить их среднесуточный расход ($P_{cp/c}$) по формуле:

$$P_{cp/c} = P / T, \quad (2)$$

где P — расход ЭРУ за плановый период; T — плановый период.

Далее среднесуточный расход умножается на суммарное время, которое включает:

- время, необходимое для приемки, складирования, погрузки, разгрузки, доставки на склад;
- время хранения;
- время ремонта.

Этот показатель должен соответствовать максимальному уровню заказа для определенной группы ЭРУ.

Однако такие системы управления запасами не учитывают приоритетность выполнения заказов во времени (ускоренный — до 5 дней, гарантийный — до 14 дней, обычный — до 30 дней), ограничений на финансовые ресурсы сервисного центра, случайный характер спроса на сервисное обслуживание. Это часто приводит к дестабилизации процессов сервисных услуг или к «замораживанию» высоколиквидных средств, что в любом случае снижает конкурентный потенциал центра обслуживания.

Прогнозировать те или иные расходы на формирование запасов, а также доходы сервисного центра достаточно сложно в рамках детерминированной теории управления, поэтому в работе предложены и апробированы статистические подходы, которые широко используются при распознавании образа или классификации объектов.

Несмотря на рекомендации авторов [3, 4] использовать Байесовский алгоритм только при коррекции изменений внутри сезонного тренда спроса продаж, на наш взгляд, априорная вероятность наступления событий может претендовать на самостоятельное использование при управлении запасами ЭРУ. Это решение можно объяснить тем, что на продажу бытовой техники и ее обслуживание практически не влияют сезонные колебания. Ограничением при использовании Байесовского алгоритма является то, что выбранные характеристики бытовой техники должны вносить автономный, независимый вклад в результат распознавания.

Таким образом, для предсказания вида и объема ожидаемых сервисных работ и на этой основе формирования запасов ЭРУ, предлагается использовать простой байесовский алгоритм с элементами машинного обучения.

Если характеристики бытовой техники (марка, класс и пр.), поступающей на гарантийный ремонт, обозначить вектором $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, а переменной $B = (b_1, b_2)$ обозначим классы вектора распознаваемых или классифицированных объектов (в рассматриваемой классификации их два: b_1 — будет обращение в сервисный центр; b_2 — не будет обращения в сервисный центр), с помощью формулы Байеса можно получить априорную вероятность $P(B / (a_1, a_2, \dots, a_n))$, а по ее величине отнести объект к определенному классу (3, 4).

$$P(b_1 / a_1, a_2, \dots, a_n) \approx P(b_1) * \prod_{i=1}^n P(a_i / b_1), \quad (3)$$

$$P(b_2 / a_1, a_2, \dots, a_n) \approx P(b_2) * \prod_{i=1}^n P(a_i / b_2), \quad (4)$$

где $P(b_i)$ — вероятность наступления события b_i ; $P(a_i / b_i)$ — вероятность события b_i при наступлении события a_i .

Возвращаясь к стратегии управления запасами сервисного центра, можно констатировать, что Байесовский алгоритм позволяет установить первоочередные виды и объемы запасов по ранжированию априорных вероятностей поступающей бытовой техники на обслуживание или ремонт.

Продемонстрируем работу алгоритма выделения приоритетных заказов для пополнения запасов на ремонт, например, стиральных машин. В таблице 1 представлены данные обращений покупателей в сервисный центр для получения гарантийного ремонта по стиральным машинам, в таблице 2 сгруппирована информация о неисправностях стиральных машин.

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

Таблица 1

Выборка событий за фиксированный период времени между заказами
отдела реализации бытовой техники

Продажа	Марка стиральной машины	Вид загрузки	Класс изготовления	Обращение за услугами гарантийного ремонта
1	Indesit	Вертикальная	D	да
2	Indesit	Вертикальная	D	нет
3	Indesit	Вертикальная	D	да
4	Indesit	Вертикальная	D	нет
5	Whirpool	Вертикальная	E	да
6	Whirpool	Горизонтальная	E	нет
7	Whirpool	Горизонтальная	E	да
8	Whirpool	Горизонтальная	D	нет
9	Indesit	Горизонтальная	E	нет
10	Indesit	Вертикальная	E	да

Таблица 2

Выборка выхода из строя узлов конкретной бытовой техники
за фиксированный период времени между заказами

Whirpool					
Запись на ремонт	Мощность двигателя, Вт	Плата управления	Сливной насос, Вт	Электромеханические узлы	Обращение за ремонтом в течение срока гарантии
1	200	Интегральные элементы	20	Клапан, дренаж, патрубки	да
2	200	Интегральные элементы	20	Ремень, подшипники, датчики	нет
3	200	Интегральные элементы	40	Клапан, дренаж, патрубки	да
4	200	Контроллер	40	Клапан, дренаж, патрубки	нет
5	400	Контроллер	40	Клапан, дренаж, патрубки	да
6	400	Контроллер	20	Клапан, дренаж, патрубки	нет
7	400	Контроллер	20	Ремень, подшипники, датчики	да
8	200	Контроллер	20	Клапан, дренаж, патрубки	нет
9	200	Контроллер	40	Ремень, подшипники, датчики	нет
10	200	Контроллер	40	Ремень, подшипники, датчики	да

Проведем оценку условий использования Байесовского алгоритма. Во-первых, отсутствуют при анализе характеристики зависимые друг от друга. Так, марка стиральной машины не имеет никакого отно-

шения к типу загрузки или классу изготовления стиральной машины.

Во-вторых, у каждой характеристики равнозначное влияние на результат. Подтверждением этого является то, что, зная

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА

только марку или класс стиральной машины, нельзя с уверенностью предсказать обращение в сервисный центр.

Обучающая выборка (табл. 1) позволяет провести ранжирование и классификацию объектов сервисного обслуживания по апостериорной вероятности с целью предсказания, например, каким маркам стиральных машин потребуется гарантийный ремонт, а каким нет. Это даст возможность выделить кластер бытовой техники, для обслуживания которой предстоит пополнить запасы ЭРУ. В столбцах таблицы 1 — параметры стиральных машин, а в строках — варианты с разными сочетаниями этих параметров (всего может быть комбинаций состоящих из сочетаний $(C_2^1)^3$).

Если обратить внимание на первую строку (табл. 1), то увидим, что проданной стиральной машине марки Indesit, загрузка вертикальная, класс D потребовался гарантийный ремонт.

$$P(da / A) = P(Indesit / da) \cdot P(Горизонтальная / da) \cdot P(D / da) = 3 / 5 \cdot 1 / 5 \cdot 2 / 5 = 0,048,$$

$$P(нет / A) = P(Indesit / нет) \cdot P(Горизонтальная / нет) \cdot P(D / нет) = 2 / 5 \cdot 3 / 5 \cdot 3 / 5 = 0,144.$$

Так как $0,144 > 0,048$, то для сочетания параметров Indesit/горизонтальная загрузка/класс D используемого примера ответом на вопрос «будет ли обращение в сервисный центр» — «нет». Таким образом можно оценить наиболее вероятную комбинацию параметров, при которой покупатель сделает обращение в сервисную сеть.

Апостериорная вероятность $P(B|A)$ рассчитывается по таблице 1 следующим образом: первоначально создаётся таблица частот для каждой характеристики (предиката) относительно искомого результата. Затем по таблице частот формируются вероятности, после чего с помощью выражений (1, 2) рассчитывается апостериорная вероятность, позволяющая объект отнести к определенному классу.

Класс с наибольшей апостериорной вероятностью и будет прогнозируемым результатом. Ниже приведены частотные таблицы и таблицы правдоподобия для всех трёх предикторов (табл. 3–5).

В приведенном примере рассмотрены три параметра A : марка стиральной машины, вид загрузки, класс изготовления.

Подставляя значения из приведённых выше таблиц в выражение (1, 2), вычисляем апостериорную вероятность $P(da/A)$ и $P(нет/A)$:

Аналогично выявленным приоритетам для комбинации поступивших на обслуживание заявок (марка, вид загрузки, класс бытовой техники) ранжируются элементы и ремонтные узлы (табл. 2). Таким образом формируются целевые запасы, расход которых спрогнозирован для предстоящего периода.

Таблица 3

Таблица расчетная и правдоподобия для параметра «Марка стиральной машины»


Параметр анализа		Событие			Параметр анализа		Вероятность	
		да	нет				P(да)	P(нет)
Марка	Indesit	3	2		Марка	Indesit	3/5	2/5
	Whirlpool	2	3			Whirlpool	2/5	3/5

Таблица 4

Таблица расчетная и правдоподобия для параметра «Загрузка стиральной машины»


Параметр анализа		Событие			Параметр анализа		Вероятность	
		да	нет				P(да)	P(нет)
Загрузка	вертикальная	4	2		Загрузка	вертикальная	4/5	2/5
	горизонтальная	1	3			горизонтальная	1/5	3/5

Таблица 5

Таблица расчетная и правдоподобия для параметра «Класс стиральной машины»

Параметр анализа		Событие		→	Параметр анализа		Вероятность	
		да	нет				P(да)	P(нет)
Класс стиральной машины	D	2	3	→	Класс стиральной машины	D	2/5	3/5
	E	3	2			E	3/5	2/5

Определить интервал времени между заказами (τ_z) можно с учетом оптимального размера заказа (q_o) по следующему выражению [4]:

$$\tau_z = M \cdot S_p / q_o,$$

где M — количество рабочих дней в периоде, за который потребляется величина (S_p).

Интервал времени между заказами должен округляться до целого числа дней, а также может незначительно корректироваться.

Величина заказа по наиболее вероятным отказам элементов и узлов окончательно вычисляется по алгоритму линейного программирования с учетом стоимости закупок и затрат на хранение, а также таких важных ограничений, как сроки ремонта и финансовые ресурсы. Целевая функция в данном случае минимизирует общие запасы:

$$\begin{cases} \sqrt{\frac{2 \cdot C_0^m \cdot S_p}{C_{xp}^m + E \cdot \Theta}} \cdot \sqrt{\frac{C_{xp}^m + C_b}{C_b}} - t_n \lambda_i \geq 0, \\ \sum_i q_{oi} \cdot \theta_i \leq \Phi, \\ \sum_{i=1}^m q_{oi} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (5)$$

$$q_{oi} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_0^m \cdot S_p}{C_{xp}^m + E \cdot \Theta}} \cdot \sqrt{\frac{C_{xp}^m + C_b}{C_b}} \geq 0,$$

$$E = \frac{R \cdot N_{об}}{n \cdot 100},$$

где C_0 — затраты на закупку группы элементов для обслуживания и ремонта;

C_{xp} — затраты на хранение;

C_b — затраты, связанные с дефицитом;

λ_i — интенсивность использования m-группы запасов;

S_p — величина спроса (потребления) данного наименования товара за установленный промежуток времени, шт./кв. (шт./мес., шт./год);

E — коэффициент эффективности финансовых вложений за период времени потребления величины (S_p), 1/кв. (1/год, 1/мес.);

Θ — цена за единицу товара, тыс. руб./шт. (тыс. руб./тонн и т. д.);

R — достигнутый среднегодовой уровень рентабельности, %;

n — количество установленных промежутков времени (анализируемых периодов), за которое потребляется величина (S_p), в течение года;

$N_{об}$ — количество оборотов ремонтных циклов в течение года;

t_n — нормированное время обслуживания или ремонта m-ой группы элементов или узлов бытовой техники;

q_{oi} — оптимальная партия целевых закупок по определенной группе ЭРУ бытовой техники;

θ_i — стоимость закупки i-го ЭКУ.

Бизнес процесс управления запасами сети сервисного обслуживания бытовой техники представлен на рисунке 1. Первые два блока формируют выборку для обучения при распознавании объектов ремонта. В третьем и четвертом блоках выявляются приоритетные элементы запасов для сервисного обслуживания и ремонта (3, 4). Последующие блоки формируют заказ на поставку согласно стратегии с фиксированным периодом заказа (5). Наиболее существенным инновационным элементом в бизнес-процессе управления запасами при случайном спросе является алгоритм распознавания первоочередных для сервисного центра запасов (объем и вид) на основе обучающей выборки и идентификации объектов с помощью Байесовского алгоритма.

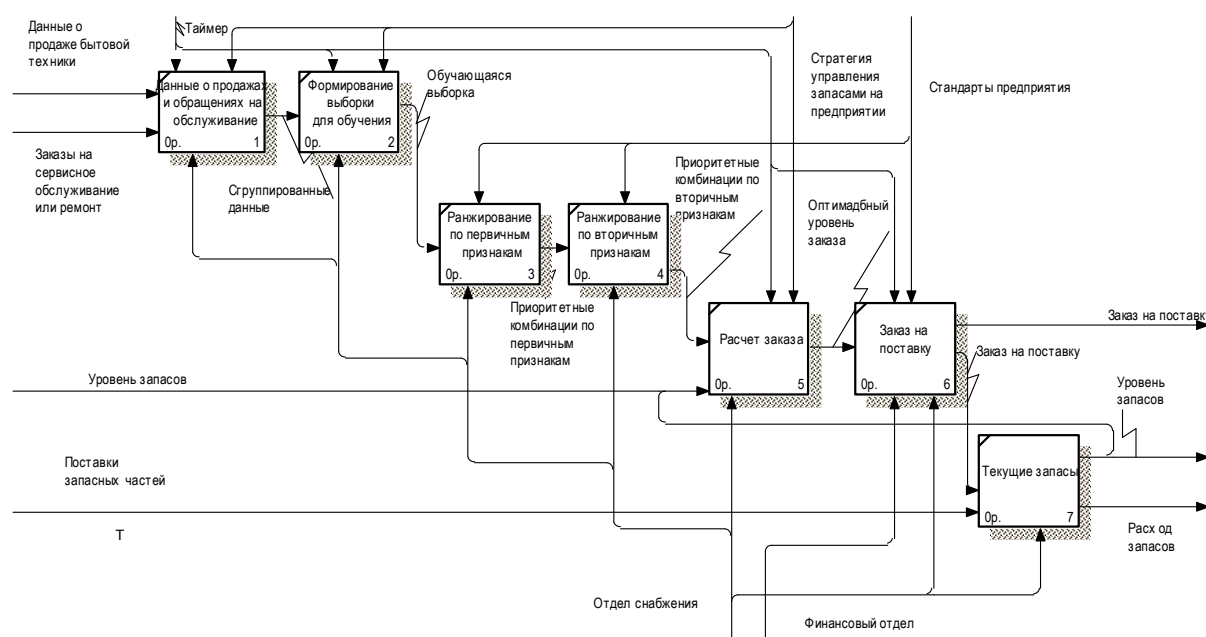


Рисунок 1 Бизнес-процесс управления запасами сервисного центра

Выводы. Несмотря на свои явно упрощенные предположения, наивный байесовский алгоритм довольно хорошо работает во многих реальных ситуациях, достаточно точно прогнозирует группы неисправных элементов и узлов в выделенной по этому же алгоритму классификации видов обслуживаемой бытовой техники. К этому следует добавить то, что для распознавания требуется небольшой объем обучающей выборки по нескольким параметрам бытовой техники.

Алгоритм легко и быстро предсказывает класс тестового набора данных. Он также, не изменяя точности, может выполнять функции при многоклассовом прогнозировании. Ограничением данного алгоритма является предположение о независимости признаков.

Оценивая эффективность бизнес-процесса сервисного центра, можно утверждать, что в случае уменьшения запасов на одну треть, при величине активов, например, в три миллиона рублей, величина запасов снижается на 500 тысяч рублей.

Библиографический список

1. Рыжиков, Ю. И. Теория очередей и управление запасами [Текст] / Ю. И. Рыжиков. — СПб. : Питер, 2001. — 384 с.
2. Истомина, А. А. Оптимизация задачи управления запасами при случайном спросе [Текст] / А. А. Истомина, В. Я. Бадеников, А. Л. Истомин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2017. — Т. 19. — № 1 (2). — С. 406–409.
3. Иващенко, И. Г. Разработка модуля прогнозирования продаж и оптимизации складских остатков информационной системы управления предприятием [Текст] / И. Г. Иващенко, В. Н. Шурыгин, Ш. Ш. Ишматова // Молодой ученый. — 2017. — № 15 (149). — С. 8–17.
4. Шлезингер, М. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию [Текст] / М. Шлезингер, В. Главач. — К. : Наукова думка, 2004. — 545 с.
5. Дроздов, П. А. Основы логистики [Текст] : учеб. пособ. / П. А. Дроздов. — Мн. : Изд-во Гревцова, 2008. — 208 с.

© Шиков Н. Н.
 © Бойко Н. З.
 © Шиков Р. Н.

*Рекомендована к печати к.э.н., доц. каф. ИТ ДонГТИ Дьячковой В. В.,
к.э.н., доц. каф. финансов ЛГУ им. В. Даля Эккерт Е. А.*

Статья поступила в редакцию 13.10.2022.

**PhD in Engineering Shikov N. N., PhD in Engineering Boiko N. Z., Shikov R. N. (DonSTI,
Alchevsk, LPR, shikovnik2010@mail.ru)**

INVENTORY MANAGEMENT MODEL OF THE SERVICE CENTER

The method of inventory management of service centers is proposed and tested, considering the random nature of the demand for the maintenance of household appliances, which is the basis of the business process of forming a rational inventory level.

Key words: *random demand, Bayesian algorithm, classifier, order formation, household appliances, elements and repair units, business-process, service center.*