



## ПРИМЕНЕНИЕ ABC И HML-МЕТОДИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЗАПАСА КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.В. Белоглазов, А.Г. Русина, О.В. Фоменко, Д.А. Пехота, В.А. Фёдорова

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия  
beloglazov@corp.nstu.ru

**Резюме:** ЦЕЛЬ. Рассмотреть применение ABC и HML-методик для прогнозирования объема аварийного запаса комплектующих основного электротехнического оборудования. Описать сущность методик, рассмотреть проблемы, сложность использования и предложить алгоритм построения нового метода формирования аварийного запаса на основе статистических данных электроэнергетического предприятия. МЕТОДЫ. Для выявления наиболее эффективного метода решения практических задач, возникающих на предприятии, был проведен численный эксперимент с использованием ABC и HML-анализов, который показал наибольшую эффективность первого метода. Для повышения точности прогнозирования по ABC-методу применялись результаты обработки статистических данных. РЕЗУЛЬТАТЫ. Совокупность статистических данных и ABC-анализ показали высокую эффективность по краткосрочному прогнозированию запасов комплектующих электротехнического оборудования. Установлено, что HML-анализ обеспечивает меньшую точность прогнозирования необходимого запаса оборудования. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В рамках опытного применения данных методик под конкретную задачу прогнозирования запасов предприятия электротехнического комплекса наиболее перспективным является ABC-анализ, позволяющий оценить необходимый уровень аварийного запаса. HML-анализ не всегда позволяет определить уровень точности прогнозирования и планирования объемов необходимого электрооборудования.

**Ключевые слова:** аварийный запас; электрооборудование; ABC-анализ; параметр потока отказов.

**Для цитирования:** Белоглазов А.В., Русина А.Г., Фоменко О.В., Пехота Д.А., Фёдорова В.А. Применение ABC и HML-методик для определения и оптимизации запаса комплектующих электротехнического оборудования // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 3. С.103-115. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-103-115.

## ABC AND HML-METHODS APPLICATION FOR DETERMINATION AND OPTIMIZATION OF STOCK FOR ELECTRICAL EQUIPMENT ACCESSORY PARTS

AV. Beloglazov, AG. Rusina, OV. Fomenko, DA. Pekhota, VA. Fyodorova

Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia  
beloglazov@corp.nstu.ru

**Abstract:** THE PURPOSE. To describe the use of ABC and HML-methods for predicting the volume of emergency stock for main electrical equipment accessory parts. To describe the content of the methods, consider the problems and complexity of use. To propose an algorithm constructing a new method for forming an emergency stock based on the statistical data of an electric power company. METHODS. Various practical tasks can arise in electric power company. We have determined the most effective method for solving them using a numerical experiment. The highest efficiency of the ABC method is shown. The results of statistical processing will help to improve forecast precision using the ABC-method. RESULTS. The complex of statistical data and ABC-analysis showed high efficiency in short-term forecasting of electrical equipment components emergency stocks. Authors found that HML-analysis provides less precision in predicting the requirement of equipment. CONCLUSION. The ABC method is

*the most promising for implementation the specific task. The use of the method helps to accurately predict emergency stocks of company electrical equipment. The HML-method does not allow to precision planing the amount of required equipment.*

**Keywords:** *emergency stock; electrical equipment; ABC-method; failure flow parameter.*

**For citation:** Beloglazov AV, Rusina AG, Fomenko OV, Pekhota D.A., Fyodorova V.A. ABC and HML-methods application for determination and optimization of stock for electrical equipment accessory parts. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2021;23(3):103-115. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-103-115.

### **Введение и литературный обзор**

С позиций традиционного финансового менеджмента управление товарно-материальными запасами относится к управлению оборотным капиталом. Основными решениями при этом являются определение оптимального уровня затрат в оборотные активы и оптимального соотношения источников краткосрочного и долгосрочного финансирования для поддержания оптимального уровня оборотных средств. Оптимальный уровень оборотных средств, в том числе товарно-материальных запасов, определяется компромиссом между рентабельностью и риском, которого придерживается руководство компании. [1]

В финансовом менеджменте рассматриваются типовые производственные компании, в которых товарно-материальные запасы классифицируются, например, по таким группам как: «незавершенное производство», «в пути», «сырье и материалы», «готовая продукция». Существуют и другие классификации, например, по стоимости инвестиций, сделанных в каждую группу запасов; по уровню стабильности расходования групп запасов; по уровню критичности; по скорости устаревания и тому подобные. Методы, основанные на таких классификациях, могут быть реализованы в виде инструментов управления товарно-материальными запасами.

В отраслевых предприятиях энергетического сектора экономики существует своя специфика расхода товарно-материальных запасов. С одной стороны, на таких предприятиях действуют утвержденные нормы при заказе товарно-материальных запасов. С другой стороны, выполнение таких норм без должного анализа расхода запасных частей может приводить к заказу излишнего количества оборудования или к отсутствию необходимого оборудования, а также к дополнительным издержкам на хранение и транспортировку. Дополнительными факторами являются: географически распределенная структура предприятий энергетической отрасли, сложные погодные условия, тяжелая логистическая доступность и удаленность энергообъектов от складов и мест хранения. Поэтому стандартные методики, которые применяются на производственных и торговых предприятиях, не будут работать также эффективно на предприятиях, занимающихся обслуживанием энергетического оборудования. Для таких предприятий необходима разработка индивидуальной методики определения расхода товарно-материальных запасов. [2, 3, 4, 5]

В данной статье рассматривается разработка новой методики на примере определения необходимых складских запасов для производства ремонта электрооборудования в максимально короткие сроки. Новая методика сопряжена с необходимостью разработки новых методов оценки объема резерва, строящихся на минимизации расходов, связанных с этим резервом, и строящихся на теории управления запасами. [6]

### **Материалы и методы**

В настоящее время существует 8 основных методов анализа ассортимента и запасов предприятия: *ABC, XYZ, FSN/FNS/FMR, RFM, VED/VEN, QRS, HML, SDE*. [7, 8, 9, 10] Для разработки новой методики были выбраны *ABC* и *HML*-анализы.

*ABC*-анализ в основном используется для изучения ассортимента предприятия и для управления запасами, при этом акцентируя внимание на самых многочисленных группах объектов. За внешней простотой у этого анализа есть недостатки, связанные с разделением данных независимо от их качественной характеристики. [11] Это может привести к сравнению групп товаров, состоящих из различных по своим свойствам объектов. Но для данного электрооборудования это несущественно. Также недостатком данного метода считают его одномерность, поскольку не всегда можно разделить корректно товары на 3 равные категории в связи с их востребованностью. Поэтому часто используют либо

двумерный *ABC*-анализ, либо совокупность нескольких анализов, при этом разделяя все запасы предприятия на несколько групп в зависимости от их совокупных характеристик. [12, 13]

*HML*-анализ является производной от *ABC*-анализа, но в отличие от него основан на соотношении цена/вес объекта за штуку. Элементы анализа делятся на три группы по уровню управляемости (точности прогнозирования, планирования) на три группы: *H (High)* – высокая точность; *M (Middle)* – средняя; *L (Low)* – низкая.

Однако в области электроэнергетики, в силу её специфики, использование таких методик не позволяет с высокой степенью вероятности спрогнозировать актуальный на нужное время, в зависимости от периода планирования, запас электрооборудования. Поэтому авторами предлагается использование статистических данных в совокупности с использованием существующих методик для устранения этого недостатка. Такой подход позволит определить актуальность аварийного запаса на планируемый период.

В начале определения запасов необходимо сформировать перечень оборудования, для которого необходим аварийный запас с учётом статистических данных по аварийности. Для конкретного оборудования определяются нормы расхода запасных частей по следующей формуле:

$$N_{\text{скл } i} = N_{\text{баз } i} \cdot K_{\text{корр } i}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{баз } i}$  – базовое значение нормы складского резерва для  $i$ -го оборудования,  $K_{\text{корр } i}$  – корректирующий коэффициент, учитывающий оборачиваемость  $i$ -ой запасной части. Параметр  $N_{\text{баз } i}$  определяется следующим образом:

$$N_{\text{баз } i} = m_i \cdot n_i \cdot \omega_i \cdot T_j, \quad (2)$$

где  $n_i$  – количество  $i$ -го оборудования, шт.;  $m_i$  – количество однотипных деталей в одной единице  $i$ -го оборудования, шт.;  $\omega_i$  – параметр потока отказов, 1/год;  $T_j$  – период работы в зависимости от вида планирования: долгосрочное (5 лет), среднесрочное (3 года), краткосрочное (1 год), год.

Параметр потока отказов  $\omega_i$  необходимо взять из справочных материалов или определить по статистическим данным (при их наличии) отказов оборудования с учётом условий эксплуатации за прошедший год или за несколько прошедших лет в зависимости от существующего объема статистических данных по годам:

а) для определения текущего параметра потока отказов необходимый объем данных должен составлять не менее 1000 случаев (либо период сбора информации должен составлять не менее 10 лет),

б) в процессе эксплуатации рекомендуется пересчет параметра потока отказов, с целью установления динамики изменения искомой величины, рекомендуемый период обновления информации – 1 раз в год. Значения параметра потока отказов  $\omega_i$  можно взять из руководящего документа РД 34.20.574.<sup>1</sup>

Определение корректирующего коэффициента нормы складского резерва для  $i$ -го оборудования  $K_{\text{корр } i}$  производится на основе *ABC* и *HML*-анализов. *ABC*-анализ целесообразно проводить при рассмотрении денежных показателей оборота запасных частей. [14] *HML*-анализ целесообразно проводить по итогам отчетного финансового периода — года, что позволит корректно оценить эффективность производственных отделений (ПО). Совместный *ABC-HML*-анализ целесообразно проводить при совмещении условий проведения *ABC*-анализа и *HML*-анализа. [15]

На основе оборотно-сальдовой ведомости можно формировать две таблицы:

- в денежном измерении,
- в количественном измерении.

Для каждого вида анализа определяется соответствующий корректирующий

<sup>1</sup> РД 34.20.574 «Указания по применению показателей надёжности элементов энергосистем и работы энергоблоков с паротурбинными установками» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817220.htm>

коэффициент: *ABC*-анализ –  $K_{\text{корр } ABC i}$  и *HML*-анализ –  $K_{\text{корр } HML i}$ . Запасы элементов оборудования по *ABC*-анализу классифицируются на 3 группы (таблица 1).

Таблица 1

Значения корректирующего коэффициента по <i>ABC</i> -анализу			
Группа	Доля в общей стоимости запасов	Доля в общем количестве	Корректирующий коэффициент $K_{\text{корр } ABC i}$ , о.е.
A	До 80%	Небольшая	1
B	До 15%	Средняя	0,8
C	До 5%	Большая	0,6

Принадлежность элемента оборудования запаса к определённой группе задаёт величину корректирующего коэффициента. Запасы элементов оборудования *HML*-анализа классифицируются по уровню управляемости на 3 группы (таблица 2).

Таблица 2

Значения корректирующего коэффициента по <i>HML</i> -анализу		
Группа	Уровень управляемости группы	Корректирующий коэффициент $K_{\text{корр } HML i}$ , о.е.
H	Высокий	1
M	Средний	0,8
L	Низкий	0,6

Совокупность же *ABC* и *HML*-анализов позволяет представить совместную *ABC* и *HML* классификацию элементов с единых позиций: от наиболее дорогих и легко управляемых до дешёвых и одновременно непредсказуемых. Запасы элементов оборудования классифицируются на 9 групп: *AH, BH, CH, AM, BM, CM, AL, BL, CL*.

Позиции, попавшие в группы *AH, AM, BH*, лежащие выше диагонали таблицы, считаются важными по стоимости и хорошо управляемыми. Этим позициям присваивается наибольший корректирующий коэффициент (1).

Позиции, попавшие в группы *AL, BM, CH*, лежащие на диагонали таблицы, считаются средними по стоимости и удовлетворительно управляемыми. Этим позициям присваивается средний корректирующий коэффициент (0,8).

Позиции, попавшие в группы *BL, CM, CL*, лежащие ниже диагонали таблицы, считаются незначимыми по стоимости и плохо управляемыми. Этим позициям присваивается наименьший корректирующий коэффициент (0,6).

Таблица 3

Классификационная таблица <i>ABC-HML</i> -анализа			
Группа	A	B	C
H	<i>AH</i> (1)	<i>BH</i> (1)	<i>CH</i> (0,8)
M	<i>AM</i> (1)	<i>BM</i> (0,8)	<i>CM</i> (0,6)
L	<i>AL</i> (0,8)	<i>BL</i> (0,6)	<i>CL</i> (0,6)

Принадлежность элемента оборудования запаса к определённой группе определяет величину корректирующего коэффициента. Статистические результаты *ABC* и *HML*-анализов рекомендуется компенсировать экспертными поправками для нейтрализации выбросов в случайных выборках. Экспертные поправки выставляются в виде маркеров, которые сигнализируют о том, что по некоторым позициям запасных частей и материалов нужно учитывать какие-либо особенности. Количество разных типов маркеров может меняться по необходимости, важность для отдельных позиций запасных частей по каждому производственному отделению определяется индивидуально. Рекомендуется использовать следующие маркеры: M1 – долгая поставка, M2 – есть невыполненные поставки в текущем году. Допускается введение дополнительных маркеров, а также замена рекомендуемых маркеров другими, если в этом есть необходимость. Список маркеров должен быть единым во всей компании, применяющей методику. Алгоритм методики расчёта норм расхода аварийного запаса запасных частей ПО представлен на рис. 1.

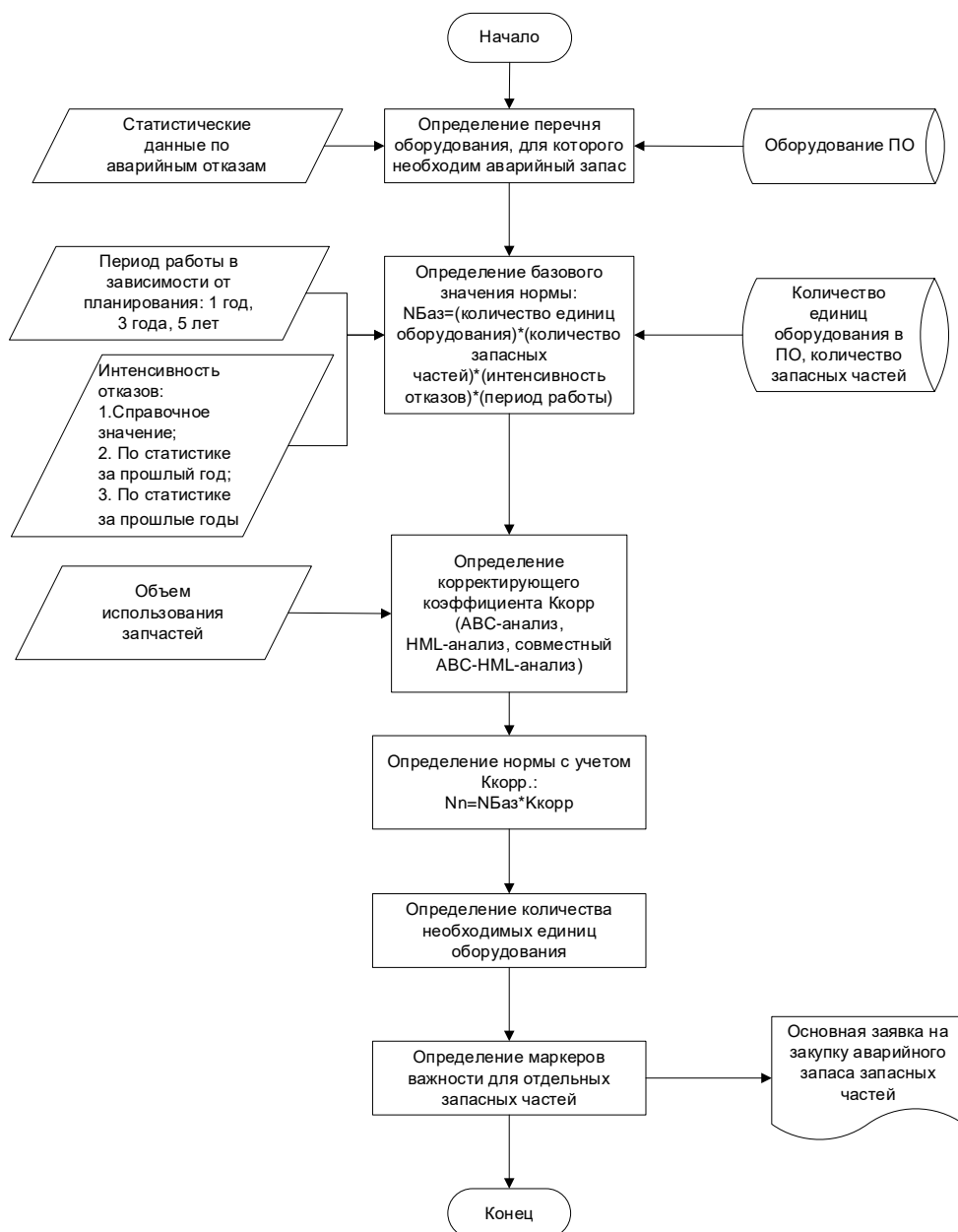


Рис.1 Алгоритм расчёта норм расхода запасных частей ПО

Fig. 1 Algorithm for calculating the consumption rates of spare parts for

Определение нормативов расхода аварийного складского запаса (оборудования, комплектующих изделий) основного энергетического оборудования проведено на основании следующих исходных данных. Взято Общество, включающее 2 производственных отделения. Имеется оборотно-сальдовая ведомость за 9 месяцев планового года. Количество элементов оборудования в ведомости: 13 шт. Для электрооборудования «трансформатор силовой ТМН-6300/35» из всего списка элементов (13 шт.) запасной частью является элемент «зажим контактный». Количество единиц электрооборудования «трансформатор силовой ТМН-6300/35» для определения необходимого запаса частей:  $n_1 = 100$  шт. Количество однотипных элементов «зажим контактный» в электрооборудовании «трансформатор силовой ТМН-6300/35»:  $m_1 = 3$  шт. Параметр потока отказов (из справочных данных):  $\omega_1 = 0,007$  1/год. Период работы:  $T_1 = 1$  год (краткосрочное планирование). Базовая норма складского запаса определяется согласно формуле 2:

$$N_{\text{баз } 1} = m_1 \cdot n_1 \cdot \omega_1 \cdot T_1 = 3 \cdot 100 \cdot 0,007 \cdot 1 = 2,1 \text{ шт.}$$

Для расчёта корректирующего коэффициента в качестве источника исходных данных

для *ABC* и *HML*-анализа используется оборотно-сальдовая ведомость за анализируемый период (квартал, полугодие, год - в зависимости от выбранного горизонта планирования). На основе этой ведомости формируются две таблицы, содержащие данные по конкретному субсчету, сетевому участку, либо по их совокупности, в зависимости от необходимого уровня анализа:

- в денежном измерении (табл. 4),
- в количественном измерении (табл. 5).

Таблица 4

Выборка из оборотно-сальдовой ведомости за период (в руб.)

Наименование элемента оборудования	Сальдо на начало периода		Оборот за период		Сальдо на конец периода	
	Дебет	Кредит	Дебет	Кредит	Дебет	Кредит
1	2	3	4	5	6	7
Зажим контактный			42000,00	42000,00		
Втулка изоляционная			110302,09	110302,09		
Блок питания			30101,60	30101,60		
Подшипник			15067,79	15067,79		
Блок коммутации			147325,50	147325,50		
Модуль процессорный			182765,72	182765,72		
Выключатель автоматический			130699,73	130699,73		
Фотодатчик	4997,72					
Втулка с кольцам			72172,58	72172,58		
Датчик температуры			64814,50	64814,50		
Батарея аккумуляторная NiMH			31331,20	31331,20		
Втулка с кольцами			94441,67	94441,67		
Предохранитель			2847,48	2847,48		

Таблица 5

Выборка из оборотно-сальдовой ведомости за период (в шт.)

Наименование элемента оборудования	Сальдо на начало периода		Оборот за период		Сальдо на конец периода	
	Дебет	Кредит	Дебет	Кредит	Дебет	Кредит
1	2	3	4	5	6	7
Зажим контактный			2	2		
Втулка изоляционная			3	3		
Блок питания			8	8		
Подшипник			1	1		
Блок коммутации			1	1		
Модуль процессорный			2	2		
Выключатель автоматический			4	4		
Фотодатчик	4			4		
Втулка с кольцам			1	1		
Датчик температуры			1	1		
Батарея аккумуляторная NiMH			1	1		
Втулка с кольцами			1	1		
Предохранитель			6	6		

Количество строк в таблицах 4 и 5 зависит от объема конкретной выборки. В дальнейшем на основании этих таблиц необходимо провести *ABC* и *HML*-анализ и в денежном, и в количественном измерении.

*ABC*-анализ проводится по данным 1 и 5 столбцов таблицы 4. По этим данным

формируется 3 первых столбца таблицы 6. Необходимо посчитать сумму столбца «Кредит», в данном примере он составил 928867,58 рублей. В четвертом столбце таблицы 6 рассчитана доля в сумме итога каждой позиции в процентах. После этого таблица сортируется по убыванию доли суммы наименования.

Таблица 6

Результат сортировки			
№ п/п	Наименование	Кредит	Доля
1	2	3	4
6	Модуль процессорный	182765,72	19,68
5	Блок коммутации	147325,50	15,86
7	Выключатель автоматический	130699,73	14,07
2	Втулка изоляционная	110302,09	11,87
12	Втулка с кольцами	94441,67	10,17
9	Втулка с кольцам	72172,58	7,77
10	Датчик температуры	64814,50	6,98
1	Зажим контактный	42000,00	4,52
11	Батарея аккумуляторная NiMH	31331,20	3,37
3	Блок питания	30101,60	3,24
4	Подшипник	15067,79	1,62
8	Фотодатчик	4997,72	0,54
13	Предохранитель	2847,48	0,31
	Итого:	928867,58	100

К таблице 6 добавляются столбцы 5 - «Нарастающий итог», 6 - «Группа», 7 - «Группа, %», и формируется окончательный вид таблицы ABC-анализа, представленного в таблице 7.

Столбец 5 «Нарастающий итог» формируется следующим образом - первое значение столбца 5 совпадает с первым значением столбца 4. Со второго значения - к предыдущему значению столбца 5 добавляется текущее значение столбца «Доля», далее таким же образом с накопительным эффектом до конца позиций таблицы.

В столбце 6 «Группа» значение устанавливается в зависимости от текущего значения столбца 5. Если значение столбца 5 попадает в интервал:

- 0...80%, то устанавливается значение «А»,
- 81...95%, то устанавливается значение «В»,
- 96...100%, то устанавливается значение «С».

Таблица 7

Результат ABC-анализа						
№ п/п	Наименование	Кредит	Доля	Нараст. итог	Группа	Группа, %
1	2	3	4	5	6	7
6	Модуль процессорный	182765,72	19,68	19,68	А	80
5	Блок коммутации	147325,50	15,86	35,54	А	80
7	Выключатель автоматический	130699,73	14,07	49,61	А	80
2	Втулка изоляционная	110302,09	11,87	61,48	А	80
12	Втулка с кольцами	94441,67	10,17	71,65	А	80
9	Втулка с кольцам	72172,58	7,77	79,42	А	80
10	Датчик температуры	64814,50	6,98	86,40	В	15
1	Зажим контактный	42000,00	4,52	90,92	В	15
11	Батарея аккумуляторная NiMH	31331,20	3,37	94,29	В	15
3	Блок питания	30101,60	3,24	97,53	С	5
4	Подшипник	15067,79	1,62	99,16	С	5
8	Фотодатчик	4997,72	0,54	99,69	С	5
13	Предохранитель	2847,48	0,31	100,00	С	5

При необходимости границы интервалов подлежат экспертной оценке и корректировке. Как видно из таблицы 7, первые 6 элементов наиболее дорогого оборудования вошли в группу А, дающую 80 % общей его стоимости. Ещё 3 элемента оборудования средней стоимости дали 15 % общей стоимости. На оставшиеся 4 элемента пришлось только 5 % общей стоимости. *ABC*-анализ выполнен.

В качестве источника исходных данных для *HML*-анализа, как и для *ABC*-анализа, используется оборотно-сальдовая ведомость. В качестве примера в таблице 8 представлена итоговая выборка по сетевым участкам отдельного ПО (в рублях).

Таблица 8

Выборка по сетевым участкам						
Сетевые участки $C_j$	Сальдо на начало периода		Оборот за период		Сальдо на конец периода	
	Дебет1	Кредит1	Дебет2	Кредит2	Дебет3	Кредит3
1	2	3	4	5	6	7
$C_1$	176286	0	347423	422716	100993	0
$C_2$	0	0	54618	40221	14396	0
$C_3$	75122	0	116691	191813	0	0
$C_4$	0	0	304474	304474	0	0
$C_5$	4998	0	933419	938417	0	0
$C_6$	0	0	22196	22196	0	0
$C_7$	0	0	525266	422962	102304	0
$C_8$	2503186	0	1185868	286080	3402974	0
$C_9$	58728	0	851623	770307	140044	0
$C_{10}$	37921	0	44821	80659	2083	0
$C_{11}$	0	0	141699	22199	119500	0

Для каждой строки  $j$  таблицы 8 строится система признаков  $P(i,j)$ ,  $i = 1 - 6$ , по следующим правилам:

1. Если значение в столбце 6 «Дебет3» равно 0, то значению признака  $P(1,j)$  присваивается значение «1»:  $P(1,j) = 1$ , иначе  $P(1,j) = 0$ .  $P(1,j) = 1$  — оценка «Отлично»: все заказанные запасы использованы. (При условии «Движение было»:  $6 - \text{«Кредит2»} > 0$ . (Либо  $2 - \text{«Дебет1»} > 0$  или  $4 - \text{«Дебет2»} > 0$ )).

2. Если значение в столбце 2 «Дебет1» равно 0, то значению признака  $P(2,j)$  присваивается значение «0»:  $P(2,j) = 0$ , иначе  $P(2,j) = 1$ .  $P(2,j) = 0$  — оценка «Плохо»: планирование на год плохое.

3. Если значение в столбце 4 «Дебет2» равно 0, то значению признака  $P(3,j)$  присваивается значение «0»:  $P(3,j) = 0$ , иначе  $P(3,j) = 1$ .  $P(3,j) = 0$  — оценка «Плохо»: текущее планирование на месяц плохое.

4. Если значение в столбце 5 «Кредит2» равно 0, то значению признака  $P(4,j)$  присваивается значение «0»:  $P(4,j) = 0$ , иначе  $P(4,j) = 1$ .  $P(4,j) = 0$  — оценка «Плохо»: заказанные запасы не использованы (если запасы ранее поступали).

5. Если значение в столбце 5 «Кредит2» равно 0, то значению признака  $P(5,j)$  присваивается значение «1»:  $P(5,j) = 1$ , иначе  $P(5,j) = 0$ .  $P(5,j) = 1$  — оценка «Отлично»: запланированные в начале и внутри периода запасы полностью использованы.

6. Если значение в столбце 6 «Дебет3» значительно больше значения в столбце 5 «Кредит2», то значению признака  $P(6,j)$  присваивается значение «0»:  $P(6,j) = 0$ , иначе  $P(6,j) = 1$ .  $P(6,j) = 0$  — оценка «Плохо»: использовано значительно меньше, чем поступило.

Набор правил 1 – 6 может корректироваться в зависимости от целей анализа. Таблица 8 дополняется столбцами 14 — «Рейтинг» и 15 — «Группа *HML*». Элементы столбца 14 — «Рейтинг» рассчитывается как сумма по строке столбцов.

$P1 - P6$  (8 – 13): «Рейтинг  $j$ » =  $P(1,j) + P(2,j) + \dots + P(6,j)$ . Столбец 15 — «Группа *HML*» формируется следующим образом:

- Если «Рейтинг» = 6, то сетевой участок попадает в группу «H» — *High*.
- Если «Рейтинг» = 5, то сетевой участок попадает в группу «M» — *Middle*.
- Если «Рейтинг» = 4 и менее, то сетевой участок попадает в группу «L» — *Low*.

Условия попадания в группу могут корректироваться.



Таблица 9

Результат <i>HML</i> -анализа								
Сетевые участки $C_j$	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Рейтинг	Группа <i>HML</i>
1	8	9	10	11	12	13	14	15
$C_1$	0	1	1	1	0	1	4	<i>L</i>
$C_2$	0	0	1	1	0	1	3	<i>L</i>
$C_3$	1	1	1	1	1	1	6	<i>H</i>
$C_4$	1	0	1	1	1	1	5	<i>M</i>
$C_5$	1	1	1	1	1	1	6	<i>H</i>
$C_6$	1	0	1	1	1	1	5	<i>M</i>
$C_7$	0	0	1	1	0	1	3	<i>L</i>
$C_8$	0	1	1	1	0	0	3	<i>L</i>
$C_9$	0	1	1	1	0	1	4	<i>L</i>
$C_{10}$	0	1	1	1	0	1	4	<i>L</i>
$C_{11}$	0	0	1	1	0	0	2	<i>L</i>

*HML*-анализ выполнен.

Для совокупного *ABC-HML*-анализа в качестве исходных данных, как и выше, используется оборотно-сальдовая ведомость. В качестве примера в таблице 10 представлена итоговая выборка по сетевым участкам отдельного ПО (в руб.).

Таблица 10

Выборка по сетевым участкам						
Сетевые участки $C_j$	Сальдо на начало периода		Оборот за период		Сальдо на конец периода	
	Дебет1	Кредит1	Дебет2	Кредит2	Дебет3	Кредит3
1	2	3	4	5	6	7
$C_1$	176286	0	347423	422716	100993	0
$C_2$	0	0	54618	40221	14396	0
$C_3$	75122	0	116691	191813	0	0
$C_4$	0	0	304474	304474	0	0
$C_5$	4998	0	933419	938417	0	0
$C_6$	0	0	22196	22196	0	0
$C_7$	0	0	525266	422962	102304	0
$C_8$	2503186	0	1185868	286080	3402974	0
$C_9$	58728	0	851623	770307	140044	0
$C_{10}$	37921	0	44821	80659	2083	0
$C_{11}$	0	0	141699	22199	119500	0

В данном случае необходимо сделать *ABC*-анализ по аналогии с предыдущим примером для данных 11-ти сетевых участков. Результаты данного анализа представлены в столбце 3 таблицы 11 «*ABC*». Результаты *HML*-анализа необходимо перенести из таблицы 9 в столбец 4 таблицы 11. В столбце 5 формируется сцепка столбцов 3 и 4.

Таблица 11

Результат <i>ABC-HML</i> -анализа				
№ в ОСВ	Сетевые участки $C_j$	<i>ABC</i>	<i>HML</i>	Сцепка
1	2	3	4	5
1	$C_1$	<i>A</i>	<i>L</i>	<i>AL</i>
2	$C_2$	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>CL</i>
3	$C_3$	<i>C</i>	<i>H</i>	<i>CH</i>
4	$C_4$	<i>B</i>	<i>M</i>	<i>BM</i>
5	$C_5$	<i>A</i>	<i>H</i>	<i>AH</i>
6	$C_6$	<i>C</i>	<i>M</i>	<i>CM</i>
7	$C_7$	<i>A</i>	<i>L</i>	<i>AL</i>
8	$C_8$	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>BL</i>

Результат ABC-HML-анализа

№ в ОСВ	Сетевые участки $C_j$	ABC	HML	Сцепка
9	$C_9$	A	L	AL
10	$C_{10}$	C	L	CL
11	$C_{11}$	C	L	CL

Позиции, попавшие в группы *АН*, *АМ*, *ВН*, лежащие выше диагонали таблицы, считаются важными по стоимости и хорошо управляемыми. Позиции, попавшие в группы *АL*, *ВМ*, *СН*, лежащие на диагонали таблицы, считаются средними по стоимости и удовлетворительно управляемыми. Позиции, попавшие в группы *ВL*, *СМ*, *СL*, лежащие ниже диагонали таблицы, считаются незначимыми по стоимости и плохо управляемыми.

Далее необходимо рассчитать количества позиций в полях классификации и занести этот результат в таблицу 12. В таблице 12 заметно, что отличный результаты показывает только один сетевой участок (1+0+0), средние результаты показывают 5 участков (3+1+1), плохие результаты показывают 5 участков (1+1+3).

Таблица 12

Количество элементов в классификации ABC-HML-анализа

	A	B	C	Итог по строке
<i>H</i>	1	0	1	2
<i>M</i>	0	1	1	2
<i>L</i>	3	1	3	7
Итог по столбцам	4	2	5	11

На основании таблицы 12 можно сделать выводы:

1. Только одна позиция ( $C_9$ ) может считаться важной по стоимости и хорошо управляемой (*АН*). Ей присваивается поправочный коэффициент 1.

2. Пять позиций, попавших в группы *АL*, *ВМ*, *СН*, лежащие на диагонали таблицы, считаются средними по стоимости и удовлетворительно управляемыми. Им присваивается поправочный коэффициент 0,8.

3. Пять позиций, попавших в группы *ВL*, *СМ*, *СL*, лежащие ниже диагонали таблицы, считаются незначимыми по стоимости и плохо управляемыми. Им присваивается поправочный коэффициент 0,6.

ABC-HML-анализ выполнен.

Для определения корректирующего коэффициента к базовой норме элемента «зажим контактный» используем результаты ABC-анализа. Тогда согласно таблице 7 рассматриваемый элемент находится в группе В, следовательно, корректирующий коэффициент  $K_{\text{корр ABC}} = 0,8$  о.е. Норма расхода элемента «зажим контактный» электрооборудования «трансформатор силовой ТМН-6300/35»  $N_{n1}$  будет равна согласно формуле 1:

$$N_{n1} = N_{\text{баз1}} \cdot K_{\text{корр ABC}} = 2,1 \cdot 0,8 = 1,68 \text{ шт.}$$

Необходимо округлить в большую сторону:  $N_{n1} = 2$  шт. Далее при необходимости можно задать типовые маркеры:

- M1 — долгая поставка,
- M2 — есть невыполненные поставки в текущем году,
- Mл — дополнительный маркер (при необходимости).

Вывод по результатам расчёта:

- у ПО1 потребность к закупке запасных частей «зажим контактный» в количестве 2 шт., маркер M1 не отмечен — нет задержек с поставками, маркер M2 не отмечен — нет невыполненных заявок в текущем году, следовательно, для ПО1 нужно закупить запасную часть «зажим контактный» в количестве 2 шт.,

- итого по Обществу при отсутствии других потребностей в данном элементе необходимо закупить запасную часть «зажим контактный» в количестве 2 шт.

#### Результаты и обсуждения

Использование данных методик показало, что в период с 2020 по 2021 год ABC-методика качественно подходит для определения необходимого объёма запасов

электрооборудования при краткосрочном прогнозировании (на 1 год).

*HML*-методика не подходит для определения аварийного запаса, а скорее является методом оценки качества прогнозирования аварийного запаса отдельных производственных объединений, с целью выявления наиболее успешных прогнозов.

Данная статья легла в основу документа «Методика определения нормативов текущего и страхового (аварийного) запаса запасных частей (оборудования, комплектующих изделий) и материалов на проведение технического обслуживания и ремонта основного энергетического оборудования». В методике приведены организационно-методологические правила определения нормативов расхода, формализации порядка и условий планирования и управления текущим и страховым (аварийным) запасом для проведения технического обслуживания и ремонта основного энергетического оборудования ДО ПАО «Газпром нефть».

*ABC*-методика применима не только для определения аварийного запаса, но и для запаса на техническое обслуживание и ремонт электрооборудования. Метод позволяет проводить качественный постоянный анализ и не считать нормативы линейно от количества оборудования.

### **Выводы**

По мнению авторов, наиболее перспективной методикой по оценке норм аварийного запаса производственного объединения электротехнического комплекса является *ABC*-методика, которая позволяет с достаточной точностью оценить необходимый уровень аварийного запаса. При этом *HLM*-методика даёт слишком большую ошибку в определении уровня управляемости (точности прогнозирования, планирования) объёмов необходимого электрооборудования для отдельных подразделений предприятия. Возможность применения *HLM*-методики для решения подобного класса задач в области электроэнергетики является темой для дальнейших независимых исследований.

### **Литература**

1. Макаркин Н.П. Экономическая оптимизация количества запасных элементов технических систем с учетом фактора надежности // Вестник Мордовского университета. 2016. № 4. С. 448-461.
2. Волотковская Н.С., Семёнов А.С., Федоров О.В. Анализ структуры и технического состояния западных электрических сетей республики Саха (Якутия) // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. № 11-12. С. 46-55.
3. Буторин В.А., Царев И.Б., Буторин Д.В. Расчет ущерба предприятий по обслуживанию сельских распределительных сетей, вызванного дефицитом аварийного резерва запасных элементов // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 12. С. 60-62.
4. Буторин В.А., Царев И.Б., Буторин Д.В. Затраты, связанные с омертвлением денежных средств при создании ремонтными предприятиями резерва запасных частей // Вестник Челябинской Государственной Агроинженерной Академии. 2014. № 1. С. 14-17.
5. Волков С.В., Рыбаков Л.М. Обоснование комплектования аварийным запасом элементов, аппаратов и оборудования распределительной сети 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2004. № 3-4. С. 87-90.
6. Буторин Д.В. Анализ методов расчета аварийного резерва в системе электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи. 4 Всероссийская научно-практическая онлайн конференции молодых ученых. 2013. С. 91-93.
7. Шевченко А.А., Немова А.М., Селиванов Е.А., и др. ABC-анализ и XYZ-анализ, как инструменты обеспечения экономической безопасности предприятия // Студенческий Вестник. 2019. № 3-2(53). С. 44-47.
8. Шегай Д.В., Привалова Е.А. ABC-анализ и XYZ-анализ в логистике // Проблемы управления – 2017. 25 Всероссийская студенческая конференции. М.: 2017. С. 139-144.
9. Быстрицкая Я.М. Логистические методы анализа и управления ассортиментом предприятий розничной торговли // Управленец. 2015. № 1(53). С. 69-73.
10. Borodiyenko O., Malykhina Ya, Kalenskyi A., et al. Economic, psychological and pedagogical preconditions of implementation of result-based management // Financial and credit activity: problems and prospect, 2020. pp 535-546.
11. Воронов В.И. ABC-анализ [Электронный ресурс]. <https://center-yf.ru/data/Marketologu/ABC-analiz.php> Режим доступа: (дата обращения 01.04.2021).
12. Zeyu Zhang, Kevin W. Li, Xiaolei Guo, Jun Huang. A probability approach to multiple criteria ABC analysis with misclassification tolerance // International Journal of Production Economics, 2020. pp 1-44.

13. Чуваев А.В. Адаптация методики ABC к анализу производственных процессов промышленных предприятий // Актуальные проблемы социально-экономического развития Российской Федерации. 1 межрегиональная научная конференция аспирантов, посвященная 20-летию ААЭП. 2013. С. 73-76.

14. Usman Ali, Bashir Salah, Khawar Naeem, et al. Improved MRO Inventory Management System in Oil and Gas Company: Increased Service Level and Reduced Average Inventory Investment // Sustainability, 2020. pp 1-19.

15. Mitra Shibamay, Pattanayak Sujit Kumar, Bhowmik Papiya. Inventory control using ABC and HLM-analysis – a case study on a manufacturing industry // International Journal of Mechanical and Industrial Engineering: V. 3: Iss. 4, Article 14, 2014. pp 283-288.

#### Авторы публикации

**Белоглазов Алексей Владимирович** – канд. техн. наук, декан факультета Энергетики, Новосибирский государственный технический университет.

**Русина Анастасия Георгиевна** – д-р техн. наук, заведующая кафедрой Электрических станций, Новосибирский государственный технический университет.

**Фоменко Олег Витальевич** – руководитель направления по внедрению новых методов обслуживания и новых технологий ООО «Ноябрьскэнергогаз».

**Пехота Дмитрий Андреевич** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет.

**Фёдорова Виктория Александровна** – магистрант, Новосибирский государственный технический университет.

#### References

1. Makarkin NP. Economic optimization of the number of spare elements of technical systems regarding the reliability factor. *Vestnik Mordovskogo universiteta*. 2016; 4: 448-461.

2. Volotkovskaya NS, Semenov AS, Fedorov OV. Analysis of structure and technical condition of western electric networks of the republic of Sakha (Yakutia). *Power engineering: research, equipment, technology*. 2018; 11-12: 46-55.

3. Butorin VA, Tsarev IB, Butorin DV. Calculation of damages service facility rural distribution network caused by a deficiency emergency reserve replacement parts. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2013; 12: 60-62.

4. Butorin VA, Tsarev IB, Butorin DV. The costs caused by losses of funds when repair companies reserve spare parts. *Vestnik Chelyabinskoy Gosudarstvennoy Agrozhennoy Akademii*. 2014; 1: 14-17.

5. Volkov SV, Rybakov LM. The substantiation of acquisition by an emergency reserve members, vehicles and equipment of a distributive network (grid) 10 kV. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2004; 3-4: 87-90.

6. Butorin DV. *Analiz metodov rascheta avariynogo rezerva v sisteme elektrosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh potrebiteley*. Razvitiye nauchnoy, tvorcheskoy i innovatsionnoy deyatel'nosti molodezhi. 4 Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya onlayn konferentsii molodykh uchenykh. 2013:91-93.

7. Shevchenko AA, Nemova AM, Selivanov EA, et al. ABC-analiz i XYZ-analiz, kak instrumenty obespecheniya ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya. *Studencheskiy Vestnik*. 2019;3-2(53): 44-47.

8. Shegay DV, Privalova EA. ABC-analiz i XYZ-analiz v logistike. *Problemy upravleniya – 2017. 25 Vserossiyskaya studencheskaya konferentsii*. M.: 2017: 139-144.

9. Bystritskaya YM. Logistic methods of analysis and management of retailers' trade list. *Upravlenets*. 2015; 1(53): 69-73.

10. Borodiyenko O, Malykhina Ya, Kalenskiy A, et al. Economic, psychological and pedagogical preconditions of implementation of result-based management. *Financial and credit activity: problems and prospect*. 2020. pp. 535-546.

11. Voronov VI. ABC-analiz [Electronic resource]. <https://center-yf.ru/data/Marketologu/ABC-analiz.php>. Accessed to: 01.04.2021.

12. Zeyu Zhang, Kevin W. Li, Xiaolei Guo, Jun Huang. A probability approach to multiple criteria ABC analysis with misclassification tolerance. *International Journal of Production Economics*, 2020. pp 1-44.

13. Chuvaev AV. *Adaptatsiya metodiki ABC k analizu proizvodstvennykh protsessov promyshlennykh predpriyatiy*. Aktual'nye problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii. 1 mezhhregional'naya nauchnaya konferentsiya aspirantov, posvyashchennaya 20-letiyu AAEP. 2013:73-76.

14. Usman Ali, Bashir Salah, Khawar Naeem, et al. Improved MRO Inventory Management System in Oil and Gas Company: Increased Service Level and Reduced Average Inventory Investment. *Sustainability*, 2020. pp 1-19.

15. Mitra Shibamay, Pattanayak Sujit Kumar, Bhowmik Papiya. Inventory control using ABC and HLM-analysis – a case study on a manufacturing industry. *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering*: 2014;3(4):283-288.

#### **Authors of the publication**

**Aleksey V. Beloglazov** – Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia. Email: beloglazov@corp.nstu.ru.

**Anastasiya G. Rusina** – Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia.

**Oleg V. Fomenko** – ООО «Noyabrskenergoneft», Russia.

**Dmitriy A. Pekhota** – Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia.

**Viktoriya A. Fyodorova** – Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia.

**Получено**

**15.04.2021 г.**

**Отредактировано**

**12.05.2021 г.**

**Принято**

**24.05.2021 г.**