

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ И ОБЪЕМА ПОСТАВОК ГОРЮЧЕГО НА ПУНКТ ЗАПРАВКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МАШИН

Кравченко И. Н., Мясников А. В., Шайбаков Р. Р.

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-технический университет», Балашиха, Россия

Предложено оптимизировать размер запасов топлива в парке специализированной техники с применением модели управления запасами. Разработанная на основе этой модели методика позволяет минимизировать суммарные затраты на создание запасов и расходы на их хранение с учетом вероятностных факторов в процессе обслуживания техники. Критерием в данной методике является минимизация суммарных простоев пункта и машин, требующих заправки. Исходными данными для расчета топливозаправочного пункта являются количество машин каждого вида в парке, пропускная способность одного поста заправки, время работы и стоимость строительства топливозаправочного пункта. Предварительный расчет показал, что применение данной методики уменьшает стоимость простоев техники при ее обслуживании приблизительно на 10–20 % и позволяет снизить тем самым общие затраты на содержание парка специализированных машин. Установлено, что оптимальным является запас горючего в парке на 4 суток при разово создаваемом запасе 50 тонн.

Ключевые слова: строительные и дорожные машины, пункт заправки, управление запасами, объем поставки топлива.

OPTIMIZATION TECHNIQUE FREQUENCY AND VOLUME OF SUPPLIES OF FUEL AT FILLING STATIONS SPECIALIZED MACHINES

Kravchenko I. N., Miasnikov A. V., Shaibakov R. R.

Military Technical University, Balashikha, Russia

Proposed to optimize the size of fuel in the park with the use of specialized equipment inventory management model. Building on this model, the method to minimize the total cost of the creation of reserves and the cost of storing them with the probability factor in the maintenance of equipment. The criterion in this method is to minimize total downtime points and machines requiring refueling. The input data for the calculation of the refueling point is the number of s of each species in the park, the capacity of one station refueling, time and cost of construction of the refueling point. Preliminary calculations show that the use of this technique reduces the cost of equipment downtime with its service by approximately 10-20%, thus reducing the overall cost of maintaining the park specialized machines. Found that the optimum supply of fuel in the park for 4 days at a single stockpile of 50 tons.

Key words: construction machinery, fueling stations, inventory management, delivery of fuel.

Оптимизация запасов горюче-смазочных материалов всегда являлась актуальной производственной задачей, решение которой определяло себестоимость продукции во всех отраслях промышленности. Особенную актуальность приобретает определение рациональных запасов топлива в парках специализированных (строительных и дорожных) машин. Создание излишних запасов приводит к перерасходу средств на устройство хранилищ. Недостаток запаса влечет простои техники из-за недостатка топлива и образования очередей на пункт заправки.

Целью исследования является оптимизация топливозаправочного пункта парка машин с применением современных экономико-математических моделей. Изложенная в статье методика предназначена для дорожно-строительных организаций, органов управления дорожным хозяйством, занимающихся вопросами проектирования мобильных парков

техники. С помощью методики можно рассчитать объем хранимого запаса и пропускную способность пункта заправки в зависимости от состава парка и типа используемых машин.

Для нахождения «золотой середины», при которой суммарные потери при создании и расходовании запаса будут минимальны, можно рекомендовать модель управления запасами, подробно рассмотренную в работах [1, 2, 4]. Данная модель позволяет рассчитывать оптимальные объемы запасов с учетом затрат на их создание и хранение, а также периодичность их пополнения. При построении модели учитываются следующие предпосылки:

1) спрос на материалы может быть постоянным или переменным; детерминированным, либо вероятностным;

2) пополнение запасов материалов может осуществляться периодически, через равные, заранее оговоренные промежутки времени, либо по мере необходимости, в соответствии с темпом расходования запаса;

3) затраты на создание и хранение запасов, а также издержки производства от неудовлетворенного спроса могут быть объединены в некоторую целевую функцию, которую нужно минимизировать.

Математически модель управления запасами может быть выражена зависимостью:

$$C_{\Sigma} = C_{cз} + C_{xp} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $C_{cз}$ – затраты на создание запасов; C_{xp} – стоимость хранения материалов.

В графическом представлении модель выглядит следующим образом (рисунок 1).

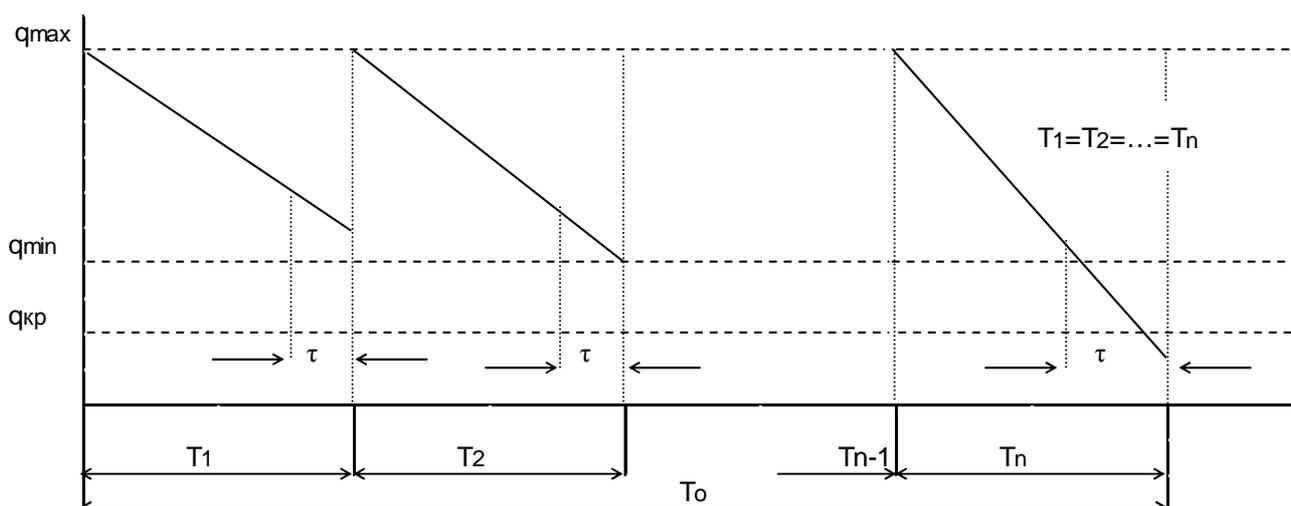


Рис. 1. График расходования и периодического пополнения запасов:

q_{max} – максимальный уровень запаса в партии поставки материала, T ; q_{min} – минимальный уровень запаса, T ; $q_{кр}$ – критический уровень запаса, от которого еще возможно сделать очередное пополнение запаса до его полного израсходования, T ; τ – время, расходуемое на подачу заявки и доставку новой партии материала на склад, сут.

В целевой функции (1) затраты на создание запасов определяются по формуле:

$$C_{сз} = q \cdot C_{1Д}, \quad (2)$$

где $C_{1Д}$ – стоимость разовой доставки 1 тонны горючего; q – объем одной поставки, т.

Стоимость хранения партии горючего C_{xp} можно определить следующим образом:

$$C_{xp} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot C_{x1} \cdot T_1, \quad (3)$$

где C_{x1} – стоимость хранения 1 тонны горючего в сутки, определяемая по формуле:

$$C_{x1} = \frac{C_{созд}}{Q \cdot T_0}, \quad (4)$$

где $C_{созд}$ – стоимость создания хранилища горючего; Q – вместимость хранилища, т;
 T_0 – время нахождения парка на одном месте (период между двумя смежными перебазируваниями парка), сут.

В зависимости (1) наиболее сложным является расчет C_{xp} , в частности, определение параметра $C_{созд}$ в формуле (4):

$$C_{созд} = C_{подг} + C_{зем.p} + C_{о.об} + C_{монт} + C_{благ}, \quad (5)$$

где $C_{подг}$ – стоимость подготовительных работ, включающих в себя затраты на землеотвод, подключение к сетям электроснабжения, водоснабжения и водоотведения;

$C_{зем.p}$ – стоимость земляных работ (срезка растительного слоя, отрывка котлована под резервуары и траншей под фундаменты сооружений);

$C_{о.об}$ – стоимость основного оборудования: резервуаров, топливораздаточных колонок, навесной группы, зданий и т.п.;

$C_{монт}$ – стоимость работ по монтажу основного оборудования;

$C_{благ}$ – стоимость работ по благоустройству.

Вышеизложенное можно проиллюстрировать примером определения параметра $C_{созд}$ для заправочной станции производительностью 500 заправок в сутки [6, 7], представленной на рисунках 2 и 3.

Приведенная на рисунках АЗС более характерна для стационарных парков, хотя в принципе она может быть использована и для мобильных парков в качестве модульного сооружения многоразового использования. В данном случае она принята для иллюстрации методики, поскольку для этой конструкции АЗС имеются реальные технико-экономические показатели ее сооружения. Расчет стоимости создания хранилища горючего $C_{созд}$ представлен в таблицах 1–4.

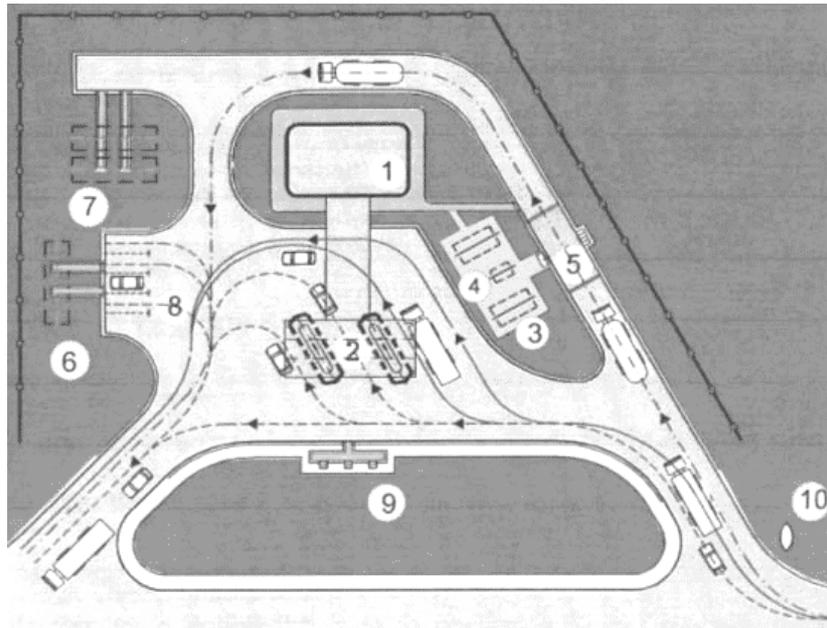


Рис. 2. Схема генерального плана АЗС (на примере АЗС в г. Балашиха):

1 – здание операторной; 2 – навес над топливораздаточными колонками; 3 – резервуарный парк; 4 – аварийные резервуар топлива; 5 – площадка слива топлива; 6 – резервуар загрязненных и очищенных стоков; 7 – резервуары противопожарного запаса воды; 8 – площадка для стоянки автомобилей; 9 – флагштоки; 10 – информационная стена

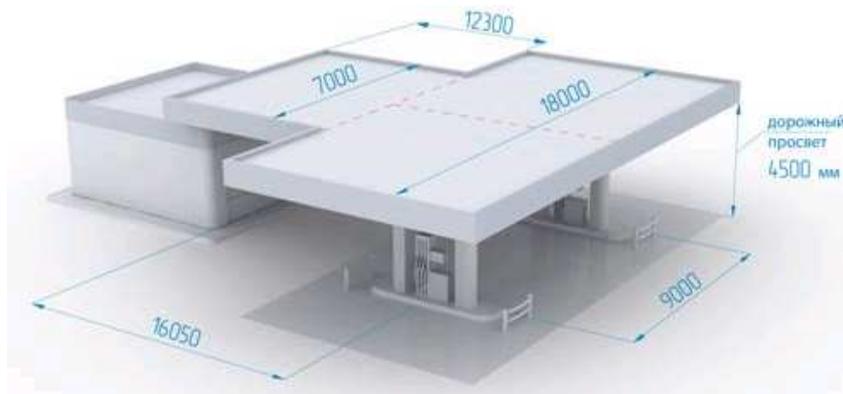


Рис. 3. Навесная группа над топливораздаточными колонками

Стоимость $C_{подг}$ определяется в соответствии с местными тарифами и расценками, в данном примере принимается $C_{подг} = 250000$ руб. Определив стоимости $C_{подг}$, $C_{зем.р}$, $C_{о.об}$, $C_{монт}$ и $C_{благ}$ по формуле (5), можно рассчитать значение $C_{созд}$:

$$C_{созд} = 250000 + 5815,08 + 3535281 + 1542667,26 + 688015,84 = 6\,021\,779,18 \text{ руб.}$$

Количество топливозаправочных колонок на пункте заправки определяется отдельно для каждого вида топлива по формулам, изложенным в работах [3, 5].

Возвращаясь к зависимости (1), можно записать выражение суммарных затрат на создание и хранение одной партии топлива:

$$C_{\Sigma}^1 = q \cdot C_{1д} + \frac{1}{2} \cdot q \cdot C_{x1} \cdot T_1 \rightarrow \min . \quad (6)$$

Таблица 1 – Калькуляция затрат на земляные работы $C_{зем.р}$

Наименование	Единица измерения	Объем работ	Стоимость работ, руб.
1.Срезка растительного слоя грунта бульдозером	м ³	280	1223,70
2.Отрывка экскаватором котлована под резервуары и траншей под фундаменты сооружений	м ³	228	3159,87
3.Планировка дна котлована и траншей вручную	м ²	69	1023,61
4. Обратная засыпка пазух котлована бульдозером	м ³	47	407,90
ИТОГО $C_{зем.р}$			1542667,26

Таблица 2 – Стоимость основного оборудования $C_{о.об}$

Наименование	Единица измерения	Объем работ	Общая стоимость, руб.
1.Резервуар объемом 25 м ³	шт.	6	1875000,00
2.Аварийный резервуар 10 м ³	шт.	1	129600,00
3.Трубопроводное и технологическое оборудование	м	60	49569,00
4.Топливораздаточная колонка (ТРК)	шт.	2	214000,00
5.Конструкции навесной группы	ед.	1	644918,00
6.Конструкции здания операторской	ед.	1	622194,00
ИТОГО $C_{о.об}$			3535281,00

Таблица 3 – Калькуляция затрат на монтаж основного оборудования $C_{монт}$

Наименование	Единица измерения	Объем работ	Стоимость работ по монтажу, руб.
1. Устройство фундаментов	м ³	17	44768,71
2. Монтаж резервуаров	шт.	7	68429,64
3. Монтаж навесной группы	ед.	1	894364,83
4. Монтаж здания операторской	ед.	1	452806,09
5. Монтаж трубопроводного и технологического оборудования	м	60	30103,71
6.Установка и подключение ТРК	шт.	2	52194,28
ИТОГО $C_{монт}$			1542667,26

Таблица 4 – Калькуляция затрат на благоустройство $C_{благ}$

Наименование	Единица измерения	Объем работ	Стоимость работ по монтажу, руб.	Стоимость материалов руб.
1. Устройство щебеночного основания на проездах	м ³	135	2216,02	18900,00
2. Устройство однослойного асфальтобетонного покрытия проездов и площадок	т	48	12103,70	80325,00
3. Установка бортовых камней	м	202	38720,11	23300,00
4. Установка люков над резервуарами	шт.	7	20942,32	26325,68
5. Насыпка растительного грунта с семенами трав	м ³	25	7136,05	9655,37
6. Установка дорожных знаков	шт.	6	7772,16	4227,00
7. Установка информационной стелы	шт.	1	46389,10	81523,10
8. Установка противопожарного оборудования	комплект	1	19573,90	104049,00
9. Устройство очистных сооружений	комплект	1	45271,33	139586,00
ИТОГО стоимость работ			200124,69	
ИТОГО стоимость материалов				487891,15
ИТОГО $C_{благ}$				688015,84

Количество партий (поставок) топлива составляет:

$$r = \frac{T_0}{T_1} = \frac{N}{q}, \quad (7)$$

откуда
$$T_1 = \frac{T_0 \cdot q}{N}; \quad (8)$$

$$q = \frac{N \cdot T_1}{T_0}, \quad (9)$$

где N – общая потребность в топливе за весь период строительства продолжительностью T_0 суток.

Общие затраты на создание и хранение запаса горючего можно выразить зависимостью:

$$C_{\Sigma} = C_{\Sigma}^1 \cdot r = [q \cdot C_{1Д} + \frac{1}{2} \cdot q \cdot C_{X1} \cdot T_1] \cdot r. \quad (10)$$

Используя (7), (8) и (9) в выражении (10), получим:

$$C_{\Sigma} = \frac{N \cdot T_1 \cdot C_{1Д} \cdot N}{T_0 \cdot q} + \frac{1}{2} \cdot q \cdot C_{X1} \cdot \frac{T_0 \cdot q}{N} \cdot \frac{N}{q}; \quad (11)$$

$$C_{\Sigma} = \frac{N^2 \cdot T_1 \cdot C_{1Д}}{T_0 \cdot q} + \frac{q \cdot T_0 \cdot C_{X1}}{2}. \quad (12)$$

Минимальные значения C_{Σ} можно найти, продифференцировав полученное выражение по q .

$$\frac{dC_{\Sigma}}{dq} = \frac{-N^2 \cdot T_1 \cdot C_{1Д}}{T_0 \cdot q^2} + \frac{T_0 \cdot C_{X1}}{2} = 0. \quad (13)$$

Решая уравнение относительно q (при $q \neq 0$), получим:

$$\frac{N^2 \cdot T_1 \cdot C_{1Д}}{T_0 \cdot q^2} = \frac{T_0 \cdot C_{X1}}{2}; \quad (14)$$

$$q_{opt} = \frac{2N \cdot C_{1Д}}{T_0 \cdot C_{X1}}. \quad (15)$$

Работоспособность модели можно показать на следующем примере. Допустим, парк дорожно-строительного формирования должен израсходовать для заправки техники $N = 3000$ т топлива. Стоимость разовой поставки 1 тонны составляет $C_{1Д} = 400$ руб.; $C_{созд} = 6\,021\,779,18$ руб.; емкость хранилища $Q = 120$ т; продолжительность периода строительства составляет $T_0 = 200$ сут.

Зная стоимости создания хранилища и пункта заправки можно рассчитать затраты на хранение 1 тонны горючего в сутки по выражению (4):

$$C_{x1} = \frac{6021779,18}{120 \cdot 200} = 251 \text{ руб./сут.}$$

Используя зависимость (15), найдем оптимальный запас горючего:

$$q_{opt} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot 400}{200 \cdot 251} = 48 \approx 50 \text{ т.}$$

Хранилище горючего необходимо устроить несколько больше 50 т, то есть периодичность поставок горючего будет равна:

$$T_1 = \frac{200 \cdot 50}{3000} \approx 4 \text{ суток.}$$

Аналогичным образом рассчитывается количество поставок горючего:

$$r = \frac{3000}{48} \approx 62 \text{ поставки.}$$

Таким образом, в модели управления запасом горючего определены все оптимальные показатели.

Предложенная методика позволяет решать конкретные задачи обоснования состава пункта выдачи горючего парка, с учетом конкретных условий строительства транспортных коммуникаций и промышленно-гражданских объектов. Из зависимости (15) видно, что чем выше стоимость хранения, тем меньше должна быть емкость хранилища, и наоборот, чем дороже доставка, тем эта емкость должна быть больше. Предлагаемая модель может рассматриваться как частная в системе моделей оптимизации состава парков специализированных машин, позволяющих оптимизировать их количество, обосновывать пропускную способность элементов парка, а также определять рациональную зону использования парка.

Выводы:

1. В настоящее время парки дорожно-строительных организаций комплектуются машинами с разным техническим состоянием, возрастом и техническими характеристиками. Этот факт серьезно отражается на продолжительности, сложности и на стоимости строительства дороги. Предложенная в статье методика позволяет оптимизировать наиболее важный элемент парка специализированных машин – топливозаправочный пункт, с учетом вероятностных факторов в процессе расходования и пополнения запасов горючего.

2. Аналогичным образом можно рассчитывать состав таких элементов парка машин как пункт мойки, пункт ежедневного технического обслуживания и других объектов, работа которых связана с созданием, расходованием и пополнением запасов материальных и технических ресурсов (смазочных материалов, запасных частей для ремонта и др.).

Список литературы

1. Кравченко И. Н., Зорин В. А., Гатауллин Р. М., Гладков В. Ю. Основы проектирования эксплуатационных предприятий. Часть I. Основы организации и технологического расчета: учебное пособие. – М.: Изд-во ВТУ при Федеральном агентстве специального строительства, 2005. – 306 с.
2. Мальцев Ю. А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.
3. Мальцев Ю. А., Мясников А. В. Математическая модель оптимизации запаса горючего на заправочной станции парка строительных машин // Научно-технический сборник. Выпуск IV/15. – М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 2007. – С. 74.
4. Мальцев Ю. А., Мясников А. В., Горобец А. Н. Организационные и экономические аспекты применения мобильных парков машин в дорожном строительстве: монография. – Балашиха: ВТУ, 2009. – 152 с.
5. Мясников А. В. Методика обоснования элементов парка строительных машин // Научно-технический сборник. Выпуск 14. – Балашиха: ВТУ, 2006. – С. 99.
6. Сметные цены в строительстве. Сборник ССЦ-06/2006. – М.: КЦЦС, 2006. – 528 с.
7. Типовые альбомы АЗС ПО «Петронефтьспецконструкция». – СПб: [б.и.], 2002.

Рецензенты:

Пучин Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ремонт и надежность машин» ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», г. Москва.

Ерофеев Михаил Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Военно-технический университет» Министерства обороны Российской Федерации, г. Балашиха.