



УДК 658.77(78)

ОПТИМИЗАЦИЯ СКЛАДСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАТЕРМИНАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ТАЙМ-СЛОТИРОВАНИЯ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Я.А. Пичужкина, магистрант программы «Стратегическое управление логистикой», НИУ ВШЭ СПб.

В статье рассматриваются практические аспекты организации процесса складской деятельности ЗАО «Грузовой терминал Пулково» с использованием методов прогнозирования и имитационного моделирования. В процессе работы проводится анализ грузовых потоков в разрезе времени обработки, определены факторы, влияющие на процесс складской деятельности. В результате разработан проект системы многоуровневого тайм-слотирования и оптимизирована структура комплексной смены. Эффективность проекта определяется снижением очередей автотранспорта, простоев погрузо-разгрузочной техники и универсализация персонала.

Ключевые слова: удовлетворенность трудом, структура управления, пиковые дни, зонирование склада, тайм-слотирование, бизнес-процессы, организация авиагрузоперевозок, электронная очередь, показатели эффективности работы.

Грузоперевозки воздушным транспортом являются одним из наиболее динамично развивающихся видов грузоперевозок. Значимость авиатранспорта растет по мере увеличения доли дорогостоящих изделий в структуре международной торговли. По данным Международной ассоциации воздушного транспорта, доля авиатранспорта в объеме перевозимых грузов составляет в мире 0,6%-2%, в то же время доля перевезенных авиатранспортом грузов в стоимостном выражении достигает 35-40%.

ЗАО «Грузовой терминал Пулково» является частью системы авиагрузоперевозок. Поэтому повышение эффективности работы терминала является одним из важнейших направлений совершенствования и развития транспорта Санкт-Петербурга, которое сильно влияет на привлекательность города для жизни и работы людей.

Неизбежность увеличения грузовых перевозок предполагает принятие мер по улучшению терминального комплекса путем устранения причин, вызывающих снижение пропускной способности, так как вследствие этого будет снижаться качество обслуживания.

Несмотря на то, что процесс по обслуживанию грузов практически отлажен, существует ряд недостатков, которые оказывают влияние на работу складской системы и устранение которых при проектировании логистической системы позволит достичь максимального эффекта. Данные по ряду недостатков предоставлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика технологического процесса

Выявленная проблема	Мероприятия по решению проблемы
Неравномерность приема/выдачи грузов по временным периодам. Зависит от суточного плана полетов, неконтролируемыми временными параметрами прибытия клиентов	Слотирование, электронная очередь
Неравномерность зональных пиков	Вывод персонала из незагруженных дней и усиление в пиковые периоды



Решение данных проблем предполагается осуществлять в следующей последовательности действий:

- многоуровневый анализ клиентов по различным видам грузов;
- разработка специальной системы тайм-слотирования для обеспечения эффективной работы склада с помощью средств *MS Excel*.
- исследование организационной структуры предприятия и разработка оптимальной модели организационной структуры складской службы с использованием имитационной модели *Anylogic*.

Шаг 1. Многоуровневый анализ клиентов по различным видам грузов.

На терминал приходит очень много грузов, которые различаются по своему весу, характеристикам и по времени обработки. Перед нами встает задача сведения множества характеристик к небольшим группам. В данном случае следует использовать методы многомерного анализа, в частности кластерный анализ.

Алгоритм решения будет следующим:

1. Зададим множества X и Y . $X = \{X1, X2, \dots, Xn\}$ – множество n объектов по массе. $Y = \{Y1, Y2, \dots, Yn\}$ – множество номеров (измерений, характеристик) объектов. Множества могут быть представлены в виде матрицы. Зададим также число кластеров m .

2. Далее задается функция расстояния для номинальной шкалы между объектами $p(x; x')$. Это нужно для выяснения значения сходства между объектами.

3. Далее находим центры кластеров, так как это позволит нам точнее определить классы. Координаты центра определяются как средние значения признаков у объектов класса. Распределение объектов по классам происходит следующим образом – существует порог λ ($\lambda > 0$) и центр кластера $S - x^*$. Для каждого объекта x_i , входящего в кластер S выполняется неравенство (1):

$$d_{xix^*} \leq \lambda, \quad (1)$$

где d_{xix^*} – расстояние между объектом X_i и центром кластера X^* .

4. Представляем результаты анализа в виде графика.

Для реализации алгоритма была использована программа *Mathcad*. Были определены кластеры за 1 и 2 марта 2015 г. и границы интервалов, в которых находятся объекты и центры кластеров.

На основе имеющихся данных грузы были поделены на условные группы: грузы до 100 кг обрабатываются в среднем за 30 минут, грузы от 100 до 500 кг обрабатываются в среднем за 60 минут, грузы от 500 до 1000 кг обрабатываются около 90 минут, грузы свыше 1000 кг обрабатываются 120 минут.

После деления грузов на группы следует приступить к реализации технологии тайм-слотирования.

Шаг 2. Реализация системы тайм-слотирования

Технология тайм-слотирования реализована следующим алгоритмом действий:

1. Необходимо собрать и проанализировать исходные данные для решения. Это информация по видам грузов, длительности их обработки, анализ клиентов по типам груза в разные интервалы времени за месяц.
2. Далее будут вычислены среднее число клиентов в день по каждому виду груза в каждом интервале времени по следующей формуле (2):



$$Q_i = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n} \quad (2)$$

где Q_i – среднее число клиентов по определенному виду груза,

x_n – число клиентов в день n ,

n – число дней.

3. Необходимо сформировать базу данных в *MS Excel* по вычисленным средним значениям груза. Главной задачей для нас на данной этапе пути является поиск оптимального плана загрузки тайм-слотов.
4. Оптимизация таблицы тайм-слотов с учетом ограниченного количества постов, максимальной загрузки и клиентоориентированности.
5. Необходимо осуществить прогнозирование по каждому виду груза и по каждому интервалу времени на основе имеющихся данных за март 2015 год методом Хольта. Прогнозные значения нужны для того, чтобы установить лимиты на каждый пост. Сглаживание данных необходимо делать по формуле (3):

$$a_t = \alpha \times y_t + (1 - \alpha) \times (a_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3)$$

Сглаживание тренда рассчитывается по формуле (4):

$$b_t = \beta \times (a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta) \times b_{t-1} \quad (4)$$

Прогноз на период $t + k$ рассчитывается по формуле (5):

$$y_{t+k}^* = a_t + b_t \times k, \quad (5)$$

где a_t – сглаженное значение показателя для периода t ;

α, β – параметры сглаживания ($0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$);

b_t – оценка прироста тренда, показывающая возможное возрастание или убывание значений за один период;

k – количество периодов времени, на которые производится прогноз.

Параметры сглаживания находятся с помощью поиска решения *MS Excel*.

6. Необходимо осуществить поиск среднего значения прогнозных значений по каждому виду груза и по каждому интервалу времени по формуле (6):

$$y_{cp} = \frac{y_{t+1}^* + y_{t+2}^* + \dots + y_{t+n}^*}{n} \quad (6)$$

где $y_{t+1}^*, y_{t+2}^*, y_{t+n}^*$ – прогнозные значения,

n – число прогнозных значений.

7. Нужно составить схему тайм-слотов, оптимизируя ее путем распределения клиентов по свободным тайм-слотам и как можно ближе к желаемым временным интервалам. Следует также рассмотреть клиентов, которые будут в общей очереди и обеспечить бесперебойную работу терминала, чтобы избежать простоя оборудования.



Ограничения для системы:

- в каждом слоте должно быть обработано максимальное количество груза;
- максимальное количество постов выгрузки равно 8;
- за сутки должно быть обслужено максимальное число клиентов.

Итоговая таблица по лимитам обслуживания клиентов (табл. 2) после проведения действий алгоритма представлена ниже.

Таблица 2 – Итоговая таблица по лимитам обслуживания клиентов

Тип груза	Малый груз		Средний груз		Большой груз		Объемный груз		Кол-во постов (макс. 8)
Тайм-слоты	Кол-во клиентов	Кол-во постов	Кол-во клиентов	Кол-во постов	Кол-во клиентов	Кол-во постов	Кол-во клиентов	Кол-во постов	
9:00-11:00	11	3	5	3	1	1	1	1	8
11:00-13:00	12	3	9	5	3	3	0	0	11
13:00-15:00	12	3	5	3	1	1	0	0	7
15:00-17:00	12	3	11	6	2	2	0	0	11
17:00-19:00	9	3	7	4	2	2	0	0	9
19:00-21:00	7	2	5	3	1	1	0	0	6

После действий с оптимизацией схемы тайм-слотирования итоговый вариант выглядит след. образом (рис. 1).

Распределение клиентов данным образом позволяет нам обработать максимальное количество грузов и максимальное число клиентов. Без оптимизации данной схемы мы теряли бы до 8 клиентов в день, свыше 1000 кг груза не было бы обработано. Это привело бы к многочисленным жалобам, возможной потери клиентов в будущем, недостатком свободных мест на складе, в связи с тем, что груз не забрали и т.д.

Шаг 3. Разработка оптимальной модели организационной структуры складской службы

У предприятия есть простой техники в зоне комплектации и погрузки-разгрузки, так как расписание и загруженность самолетов часто не совпадает с интенсивностью потока клиентов. Для того, чтобы наглядно представить и проанализировать весь процесс в зоне комплектации-погрузки на судно, следует создать имитационную модель в программе *Anylogic* (рис. 2).

В работе был смоделирован день из жизни терминала (1 марта 2015 года) с учетом расписания грузовых рейсов, схемы работы комплексной смены терминала, времени выполнения операций с грузами.

При прогоне системы можно видеть процент работы каждой группы людей на месте. Интерпретация результатов зон, в которых следует изменить численность персонала, представлена в таблице 3.

В результате можно сделать вывод, что занятость грузчиков зоны комплектации и погрузки/разгрузки на судно недостаточна максимальна и нужно принять меры по ее увеличению.



Интервал времени	Номер поста							
	2	3	4	5	6	7	8	9
9:00-9:30								
9:30-10:00								
10:00-10:30								
10:30-11:00								
11:00-11:30								
11:30-12:00								
12:00-12:30								
12:30-13:00								
13:00-13:30								
13:30-14:00								
14:00-14:30								
14:30-15:00								
15:00-15:30								
15:30-16:00								
16:00-16:30								
16:30-17:00								
17:00-17:30								
17:30-18:00								
18:00-18:30								
18:30-19:00								
19:00-19:30								
19:30-20:00								
20:00-20:30								
20:30-21:00								

- малый груз
- средний груз
- большой груз
- объемный груз

Рис. 1. Оптимизированная система тайм-слотов

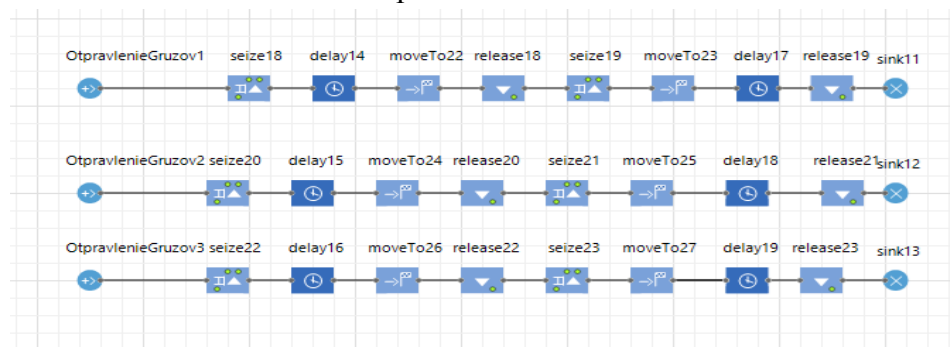


Рис. 2. Пример моделирования процесса отправления грузов



Таблица 3 – Занятость грузчиков за сутки в программе *Anylogic*

Зона работы грузчиков	Количество грузчиков	Занятость по <i>Anylogic</i> , %
Зона комплектации	До изменения численности - 5	В интервале от 35% до 55%
	После изменения численности - 3	В интервале от 50% до 80%
Зона погрузки-разгрузки на/с ВС	До изменения численности - 3	В интервале от 35% до 65%
	После изменения численности - 2	В интервале от 70% до 92%

Заключение

В ходе исследования была разработана специальная система тайм-слотирования, которая основана на использовании средств *MS Excel* и оперативного прогнозирования методом Хольта. Данная система позволила оптимизировать процесс очередей на терминале, оставляя при этом свободные тайм-слоты на случай возникновения общей очереди. Без внедрения данной технологии терминал потерял бы до 8 клиентов в день и увеличил простои погрузо-разгрузочной техники и персонала.

Дополнительно, в работе была изучена организационная структура комплексной смены предприятия, в частности работа отделов перронной обработки грузов и терминальной обработки грузов. В программе *Anylogic* был рассчитан процент занятости каждого работника и сделаны выводы по улучшению деятельности. В будущем терминал планирует обучение персонала перронной обработки грузов функциям персонала терминальной обработки грузов и наоборот. Это позволит еще больше оптимизировать организационную структуру комплексной смены и позволит привлечь больше персонала во время пиковых часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бауэрсокс Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Дж. Клосс. – М.: Олимп-Бизнес, 2001. – 640 с.
2. Джонсон Дж. Современная логистика / Дж. Джонсон. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002 – 624 с.
3. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / М. Кристофер – СПб.: Питер, 2005. – 316 с.
4. Левиков Г. А. Логистика, транспорт и экспедирование. Краткий словарь-справочник / Г. А. Левиков. – М.: ТрансЛит, 2008. – 224 с.
5. Лукинский В. С. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие / В. С. Лукинский – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
6. Сергеев В. И. Корпоративная логистика. 300 ответов профессионалов / В.И. Сергеев – М.: ИНФРА-М, 2004. – 976 с.
7. Сток Дж. Р. Стратегическое управление логистикой / Дж. Р. Сток, Д. М. Ламберт – М.: ИНФРА-М, 2005, 797 с.
8. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок / Д. Уотерс – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.