Федеральное государственное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

Санкт-Петербургский государственный университет

Высшая школа менеджмента

**ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СКЛАДА «ГАММА» ОАО «АЛЕРС РУС»**

Выпускная квалификационная работа

студента 4 курса направления 38.03.02 – Менеджмент, шифр образовательной программы СВ.5070.2014,

профиль – Логистика

Кочешкова Егора Павловича

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

Научный руководитель:

К.э.н., старший преподаватель кафедры операционного менеджмента ГЛАДКОВА Маргарита Анатольевна

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

Санкт-Петербург

2018

**Заявление**

**о самостоятельном выполнении выпускной квалификационной работы**

Я, Кочешков Егор Павлович, студент 4 курса направления 38.03.02 «Менеджмент» (профиль подготовки – Логистика), заявляю, что в моей выпускной квалификационной работе на тему «Оценка пропускной способности склада «Гамма» ОАО «Алерс РУС», представленной в службу обеспечения программ бакалавриата для последующей передачи в государственную экзаменационную комиссию для публичной защиты, не содержится элементов плагиата. Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее курсовых и выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.  
Мне известно содержание п. 9.7.1 Правил обучения по основным образовательным программам высшего и среднего профессионального образования в СПбГУ о том, что «ВКР выполняется индивидуально каждым студентом под руководством назначенного ему научного руководителя», и п. 51 Устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет» о том, что «студент подлежит отчислению из Санкт-Петербургского университета за представление курсовой или выпускной квалификационной работы, выполненной другим лицом (лицами)».

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Подпись студента)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Дата)

Оглавление

[**ВВЕДЕНИЕ** 5](#_Toc514613787)

[**Глава 1. Склад «Гамма» компании «Алерс РУС»: операционные процессы и проблемы** 7](#_Toc514613788)

[**1.1. История и описание компании «Алерс РУС»** 7](#_Toc514613789)

[**1.2. Описание специфики деятельности российского отделения «Алерс РУС»** 8](#_Toc514613790)

[**1.3. Склад «Гамма» и его характеристики** 10](#_Toc514613791)

[**1.4 Источник проблемы: маркетинг и логистика** 16](#_Toc514613792)

[**Выводы по главе 1** 18](#_Toc514613793)

[**Глава 2. Подходы к оценке пропускной способности склада** 19](#_Toc514613794)

[**2.1. Обзор научных подходов к оценке деятельности склада** 19](#_Toc514613795)

[**2.2. Теория бережливого склада** 26](#_Toc514613796)

[**2.3. Подходы к оценки пропускной способности.** 29](#_Toc514613797)

[**2.4. Описание метода свертки данных** 30](#_Toc514613798)

[**2.5. Описание анализа стохастической границы** 38](#_Toc514613803)

[**Выводы по главе 2** 42](#_Toc514613805)

[**ГЛАВА 3. Инструментарий для оценки пропускной способности склада «Гамма» компании «Алерс РУС»** 44](#_Toc514613806)

[**3.1. Постановка задачи** 44](#_Toc514613807)

[**3.2. Построение модели SFA** 45](#_Toc514613808)

[**3.3. Результаты исследования** 54](#_Toc514613809)

[**3.5. Рекомендации** 60](#_Toc514613810)

[**Выводы по главе 3** 63](#_Toc514613813)

[**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** 64](#_Toc514613814)

[**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ** 66](#_Toc514613815)

[**ПРИЛОЖЕНИЯ** 69](#_Toc514613816)

# **ВВЕДЕНИЕ**

Складирование является одной из самых важных функций всей цепочки поставок. Ключевая задача склада - нахождение баланса между затратами на хранение и затратами на транспортировку. Складские операции являются центровыми в цепи поставок, и поэтому эффективное функционирование склада сильно влияет на скорость протекания материального и финансового потоков внутри всей организации. Для оптимизации работы всей цепи поставок компании зачастую, а особенно в последние годы прибегают к аутсорсингу логистических услуг через 3PL провайдеров, которые берут на себя ответственность за выполнение функционала отделов логистики, склада, таможенной службы и т.д. На российском рынке одним из таких международных провайдеров является голландская компания «Алерс РУС». «Алерс РУС» предоставляет складские услуги, при этом не только хранение и отправку сборного груза, но также ряд различных дополнительных, создающих ценность, услуг, таких как: маркировка, стикеровка, добавление рекламной продукции, переупаковка и множество других услуг. Большинство дополнительных услуг реализуется в операционной зоне склада. Стандартный процесс взаимодействия компании с клиентом выглядит следующим образом: клиент привозит свою продукцию согласно плану, компания ее принимает и отправляет на хранение, затем по запросу клиента его товар готовится к отгрузке в виде сборного груза с возможностью исполнения дополнительных услуг. При этом с каждым клиентом компания заключает индивидуальный договор с указанием индивидуального набора дополнительных услуг и их стоимости.

Ограничение операционной зоны, неопределенность плана отгрузок и неопределенность объема предоставляемых услуг вызывает отсутствие понимания максимальных производственных возможностей операционной зоны. Это зачастую приводит к столкновению интересов отдела продаж и операционного отдела. Менеджеры по работе с клиентами видят не до конца загруженные стеллажи и предлагают расширить пул клиентов, а складской отдел не может обеспечить исполнение большего потока услуг из-за ограниченной операционной зоны.

Главной целью настоящей работы является разработка инструментария для определения максимальной пропускной способности склада «Гамма». В настоящей работе мы, таким образом, будем говорить о пропускной способности склада. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучение операционных процессов в компании «Алерс РУС».
2. Выявление факторов, которые могут повлиять на сборку заказа.
3. Изучение методов оценки мощностей и пропускной способности складских центров.
4. Выбор наиболее подходящего метода для оценки ситуации в компании «Алерс РУС»
5. Построение математической модели, проведение количественного анализа для выявления закономерностей между объемом используемых ресурсов и числом обработанных заказов.
6. Формулировка рекомендаций.

Настоящая работа представляет собой консультационный проект для компании «Алерс РУС» по разработке инструментария мониторинга пропускной способности склада и содействию в устранении конфликта интересов между отделами внутри компании, выстраивания. Объектом настоящей работы является склад «Гамма» компании «Алерс РУС», предметом - пропускная способность склада «Гамма».

Работа состоит из трех глав. Первая глава посвящена анализу истории и текущего положения компании «Алерс РУС», специфике деятельности на российском рынке. Также глава описывает ресурсные возможности склада «Гамма», особенности взаимодействия с клиентами. И описывает источник текущей проблемы. Во второй главе представлен анализ научной литературы, посвящённой вопросам управления складом, методам определения эффективности работы и склада. А здесь же обоснован выбор наиболее подходящего подхода, и описана математическая модель, подходящая для решения обозначенной в первой главе проблемы. Третья глава содержит результаты решения задачи по оценке пропускной способности склада. Описано применение математической модели, выявлены закономерности и предложены рекомендации для компании.

# **Глава 1. Склад «Гамма» компании «Алерс РУС»: операционные процессы и проблемы**

## **1.1. История и описание компании «Алерс РУС»**

Компания «Алерс» была основана в 1909 году Олдманом Джонам Алерсом. В самом начале семейная компания предоставляла услуги по морским перевозкам в рамках Европы. Затем после окончания первой мировой войны она возобновила свои текущие линии и добавила новые направления, такие как Индия и страны Персидского залива. В 30-е годы «Алерс» основывает офис в Антверпене и становится лидирующей морской транспортной компанией в своем регионе, объемы перевозок растут как внутри страны, так и в страны дальнего зарубежья.

В 60-х к руководству компанией приходит Андре Лейзер, и компания начинает активную географическую экспансию. «Алерс» закупает два новейших ледокола для связи с Финляндией через Балтийское море. После этого, организация прокладывает пути связи с СССР через порты Латвии и Швеции. Кроме географической экспансии, руководство вкладывает средства в развитие и использование новых технологий, таким образом «Алерс» совершенствует свой флот кораблями с морозильными камерами, что позволяет расширить ассортимент услуг и товаров, которые могут теперь отправляться на более дальние расстояния. А также закупает оборудования для работы с контейнерными перевозками и собственно сами контейнеры у бельгийской компании.

В 80-х и до наступления миллениума «Алерс» продолжает развитие бизнеса и производят связанную диверсификацию и приобретает складскую логистическую компанию. С течением времени компания расширяет сеть офисов по всему миру. Открывается отделение в России в Санкт-Петербурге, Латвией и еще несколькими государствами членами СНГ. В 1993 году компания открывает совместное предприятие в Шанхае с китайским партнером. И завершает экспансию активным продвижением на дальний восток и открывает транспортные пути в Индонезию, Сингапур и Индию.[[1]](#footnote-1)

В настоящие время «Алерс» является полностью семейным бизнесом (все акции принадлежат одной семье, правнукам основателя компании), которая специализируется на международных логистических услугах на трех континентах. Основной компетенцией является работа со специфическими товарами, такими как, химическое производство, табак, товары с особыми требованиями к безопасности и охране и конечно же обычными потребительскими товарами. Кроме того, построены собственные логистические центры в России и Бельгии. На данном этапе развития «Алерс» сфокусирован на решении задач оптимизации логистических сетей и анализу больших данных в рамках логистики. Компания предоставляет услуги в 5 основных сферах: международные перевозки, морские услуги, проектная логистика, агентская работа, складская логистика и дополнительные складские услуги, добавляющие ценность (VAS). Компания может предоставлять высококвалифицированный сервис по всему миру имея 35 офисов на трех континентах. В штате компании находится 950 человек, также компания владеет 350 паромами дальнего плавания и имеет годовой оборот в 205 миллионов долларов. И если подводить итог, то «Алерс» - международная логистическая компания со штаб-квартирой в Бельгии, в Антверпене. Офисы компании находятся в 20 странах Европы, Азии, СНГ и Балтии.[[2]](#footnote-2)



Рис. 1 Географический охват компании «Ahlers»

## **1.2. Описание специфики деятельности российского отделения «Алерс РУС»**

Менеджмент компании решил осваивать Россию в 1993 году с города Санкт-Петербурга. В дальнейшем компания представлена в России группой компаний в Санкт-Петербурге, Челябинске, Москве и Новороссийске. Настоящая работа связана с отделением в Санкт-Петербурге, которое является центром кластера восточной Европы, поэтому подробно остановлюсь на нем. Глобально решение выхода на новый рынок было обусловлено рядом факторов. В то время западное бизнес сообщество было не удовлетворено стандартными решениями на российском рынке. «Алерс» решает предложить новым клиентам склад с собственной системой управления складом и систему безопасности и отслеживания грузов, которое заменяет вооруженные охранные сопровождения при транспортировке ценных товаров, сокращая расходы на охрану до 50%.

Также если организация хочет выйти на российский рынок, но не готова открывать российское подразделение своей компании, то «Алерс» будет готова предоставить услуги Rusimport. Rusimport является легальным российским юридическим лицом, поддерживаемое глобальной транспортной сетью. Фирма «Алерс» может взять на себя полную ответственность за весь процесс импорта, хранения и распределения иностранных продуктов.

В 1993 году приобретен старый военно-промышленный полигон в Санкт-Петербурге на Волхонском шоссе и построен на его месте совершенно новый и современный складской логистический центр. Логистический центр соответствует всем современным требованиям. Складу на территории присвоен класс «А» согласно классификации (A, B, D, C). Общая территория бывшего полигона, на котором сейчас располагается склад составляет 200,000м², а непосредственно площадь самого сооружения равняется 44,000 м². Внутренняя мощность рассчитана на хранение 70,000 паллета-мест. Внутри для этого установлены стеллажи высотой 12 метров. Также, чтобы соответствовать всем требованиям классификации средняя температура, которая поддерживается равняется 15 градусов Цельсия. Помимо крытых сооружений хранение специфических товаров возможно на открытой территории. Российское отделение «Алерс» всегда отдавала предпочтение развитию новейших технологий, поэтому в работу на логистическом центре внедрены ИТ-инновации и всегда ведется мониторинг новых решений. Например, из текущего, компания использует WMS (Warehouse Management System) собственной разработки, которая отличается от WMS систем других стран.

Очень важным элементом ИТ-решений является наличие блоков EDI для связи внутренней системы WMS и внешних программных обеспечений клиентов, таких как SAP, Axapta, 1C, и так далее. Так как компания ставит для себя приоритетом клиентоориентированность, то была создана интернет платформа для клиентов, чтобы удобно было отслеживать состояние и статус их заказа. Из инноваций, за которыми следят в отделе разработок и операционного менеджмента, можно выделить инфракрасные сканеры на пальцы. Они могут прийти на замену крупногабаритным сканерам, которые необходимо держать в руке, следовательно, освобождается рука и можно повысить эффективность различной сборки, в особенности поштучной сборки заказа. Не без внимания остается технология Google Glass и другие девайсы дополненной реальности, за которыми стоит промышленная революция 4.0. Наиболее интересной и практичной инновацией может стать использование квадрокоптеров. Эти машины могут помогать в транспортировке товаров по складу и улучшить работу с верхними ярусами высотных стеллажей.

Ключевой компетенцией складского центра «Алерс» является предоставление широкого спектра различных VAS (Value added services), услуг, повышающих стоимость. Так как современный склад – это производственный центр со множеством различных операций, далеко выходящих за рамки традиционной складской деятельности. Примером таких услуг может быть: политизация, маркировка, распаковка, штучный сбор заказа, вкладывание дополнительные материалы в упаковку, наклейка промо-акций, переупаковка, сортировка и так далее. Клиент сам выбирает что ему нужно и какие услуги хочет получать. Основной задачей руководства становится предоставить услугу любой сложности и правильно рассчитать её себестоимость и найти ее драйверы.

## **1.3. Склад «Гамма» и его характеристики**

Объект данной работы склад «Гамма» можно рассматривать через призму нескольких характеристик, которые будут описывать ресурсную базу объекта. Для анализа и последующего моделирования было решено рассмотреть следующие ресурсные мощности: общая площадь и зонирование склада; парк погрузочно-разгрузочной техники; штат сотрудников; клиентская база. В дальнейшем каждая ресурсная база будет ограничением в модели. Теперь подробно рассмотрим каждый элемент ограничений.

В дальнейшем каждый из вводных факторов исполнения ключевых компетенций или операций войдут в математическую, описательную, параметрическую модель, которая поможет выявить зависимости между ресурсами и оптимально размещение их в зависимости от желаемого результата. Результатом в свою очередь будет считаться количество во время реализованных заказов с учетом исполнения все дополнительных складских сервисов.

* **План склада**

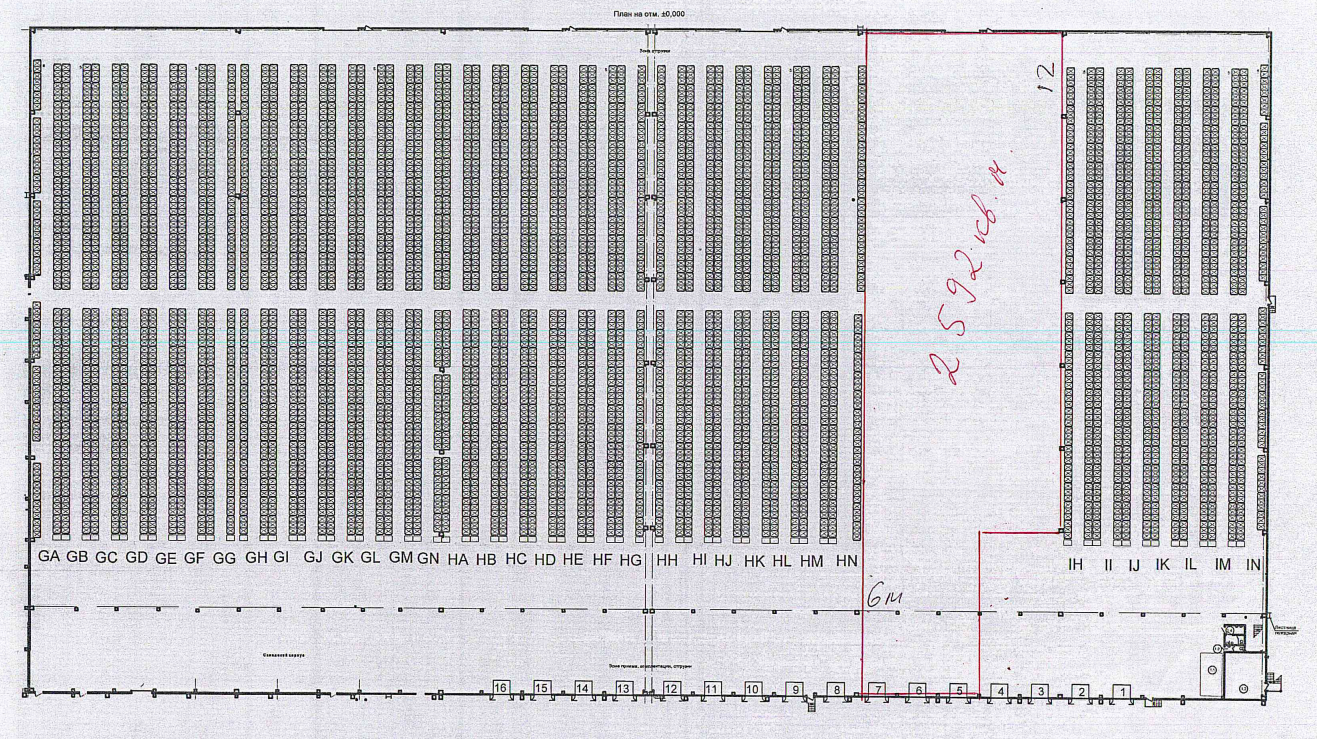


Рис. 2 План склада «Гамма»

Общая площадь склада составляет 15,000 квадратных метров. Склад разбит на конкретные операционные зоны и зоны с определенным назначением. На территории объекта находится зона для хранения брака 300 м2, она располагается около входа на склад между стеллажами GA и GD, на ней хранится продукты, не прошедшие контроль качества или ожидающие проверки со стороны клиента. Как правило сюда свозятся внешне непригодные паллеты. Рядом с зоной брака находится парковка для техники, чаще всего здесь базируются узко-проходные штабелеры.

Зона хранения занимает 700 м2 и состоит из следующих основных частей. Во-первых, стеллажи для хранения евро паллет, которые установлены в два ряда. Общее количество стеллажей составляет 54 штуки. Каждый стеллаж имеет габариты стеллажей 2400\*1200\*2000. Так как компания стремится к максимизации эффективности использования пространства, то проходы между стеллажами наиболее узкие. Для этого были закуплены дорогостоящие узко-проходные штабелеры. Такой штабелер в ширину 1,8 метров и может снимать паллеты боковым захватом и отвозить на «уши», откуда затем погрузчик снимет необходимый. Также данных проход дает возможность использования в нем ручной тележки для штучной сборки заказа. Во-вторых, зона хранения включает в себя проезд для погрузчиков, который позволяет соединить разгрузочные доки и стеллажи. Проезд занимает площадь в 50 м2.

Зона сборки заказов или операционная зона занимает 2592 м2. Она предназначена для формирования заказов и любых дополнительных услуг-VAS. Вся зона делится специальными столбиками со штрих-кодами, чтобы отделить каждый заказ друг от друга.

На складе функционирует в общей сложности 12 доков. Из них 6 на выгрузку и 6 на отгрузку. При этом доки по отгрузке находятся ближе к операционной зоне, что должно увеличивать эффективность работы.

Также на складе находятся второстепенные объекты. Во-первых, в зоне хранения, зоне отгрузки и зоне сборки находятся поллетизирующие машины и вместе с ними системные компьютеры, на которых установлена собственной разработки WMS система. В частности, именно это программа интегрирует все потоки внутри склада, например, какую паллету снимать первой для заказа, куда ее вести и какой уровень сложности сборки предстоит. Таким образом, работники не оптимизируют свою работу, а действуют согласно четкому плану, контролем является система штрих-кодов и сканеров. Во-вторых, на складе есть терраса на втором ярусе для хранения сезонных материалов и расходных материалов, таких как картонные гофра-короба и скотч.

Разработкой плана склада занималась специально сформированная голландская комиссия, данный план склада подразумевает максимально успешное управления потоками. Склад адаптивен к изменением, так как обладает 4 блоками доков по всему периметру сооружения. Таким образом, можно сдавать отдельные площади в аренду и разделять потоки между компанией и арендатором. Также в случае крупных заказов по кросс-докингу, доки на выгрузку и погрузку смогут располагаться в противоположных частях, что облегчит процесс протекания товаров через склад с распределительной функцией. На нынешний момент часть доков закрыты стеллажами и используются как запасной выход или место приемки специальных грузов или нестандартных габаритов.

* **Автопарк разгрузочно-погрузочной техники**

Склад оснащен новейшим оборудованием и техникой. Как было выше сказано компания для увеличения эффективности использования пространства использует узко-проходные штабелеры - это является основным видом техники.

Таб. 1 Техническое обеспечение склада «Гамма»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название погрузо-разгрузочная техники** | **Количество машин** | **Функция** |
| Электропогрузчик вилочный | 6 | Выгрузка, погрузка, "уши" до 3 яруса |
| Электроштабелер | 3 | Сборка/расстановка на "уши" до 4 яруса, перемещение на мезонин |
| Тележка электрическая | 2 | Выгрузка/погрузка |
| Дизельный автопогрузчик | 1 | Уличная выгрузка/погрузка |
| Штабелер электрический узкопроходный | 5 | Сборка/расстановка в стеллажах |
| Комплектовщик заказов горизонтальный | 4 | Сборка/расстановка на 1-м ярусе в стеллажах |
| Тележка электрическая с площадкой для оператора | 3 | Выгрузка/погрузка, отвоз на паллетирование |
| Паллетоупаковочная машина GL-215 | 3 | Паллетирование |

Источник: Составлено автором

* **Штат сотрудников**

В настоящие время производственные зоны компании работают в 3 смены, включая ночную по 8 часов. Есть основной штат, при этом при увеличении нагрузки и товарооборота привлекаются сторонние работники из агентств.

Таб. 2 Штатское расписание дневной смены

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Должность | Количество сотрудников штата | Количество временных сотрудников |
| Водитель погрузчика | 5 | - |
| Водитель штабелера/погрузчика | 3 | 4 |
| Сборщик заказа | 3 | 12 |
| Должность | Количество сотрудников штата | Количество временных сотрудников |
| Стикеровщик | 2 | 3 |

Источник: Составлено автором

* **Операционная зона**

Данная территория представляет собой отдельный важный ресурс для настоящей работы, так как именно там компания реализует свою ключевую компетенцию - выполнение любых запросов своих клиентов. При этом именно этот ресурс обладает наибольшими ограничениями на мощности. Зона сборки почти всегда перегружена. Это связано в первую очередь с особенностью заключенных контрактов с клиентами. Объемы работ над заказами разняться в размерах очень сильно. Например, рассмотрим операцию «наклейка лейблов на коробку у клиента “SEB”». В одном случае это будет крупногабаритная техника и на одной паллете будет 2 коробки и соответственно 2 стикеровки. А в другом случае на паллете будет 200 коробочек с мелкой техникой, и это уже совсем другой объем работы и время на которое будет занято место в операционной зоне. В первом случае за период времени можно собрать в несколько раз больше заказов, чем во втором случае.

* **Клиенты и предоставляемые услуги**

Склад гамма обслуживает 3 ключевых клиентов компании “Алерс”. Так как данные клиенты составляют основной товарооборот через логистический центр, то под них выделен отдельный склад и унифицированы процессы под большие загрузки. Все три клиента принадлежат совершенно разным отраслям рынка и обладают разной спецификой товаров, но при этом объединяющим фактором является крупные заказы по приемке и отгрузке ежедневно. Этими клиентами являются:

1. «TELKA» - производитель и дистрибьютор бытовой техники и товаров для кухни в сеть магазинов “М-видео”. В контрактах прописаны все возможные VAS. Сложность данного клиента определяется всеми тремя способами сборки заказа- это паллетная, коробочная и штучная. Также зачастую возможен вид загрузки/ разгрузки в навал.
2. «SEB» - производитель химической продукции. требует особого подхода к обработке заказов и товаров. У данной компании малое количество артикулов и один вид упаковки- это 25 килограммовые мешки, уложенные рядами на паллетах. Но при этом есть разновидность опасных химических товаров, при работе с которыми необходимо надевать средства индивидуальной защиты. Еще одной особенность можно назвать не габаритность упаковки, так что иногда приходиться хранить продукцию на отдельных стеллажах и в проходе между ними не хватает ширины для проезда штабелера и возможна только ручная сборка.
3. «Bonduel» - крупный французский производитель овощных консервов. В 2004 году компания открывает завод в Краснодаре в России, а в 2005 году фирма Bonduel становится лидером на российском рынке консервированных овощей. Поставки осуществляются политизированными евро паллетами с консервами. Паллеты хранятся на стеллажах.

Клиенты - это один из ключевых факторов, которые влияют на эффективность работы логистического отдела, так как специфику вносят заключенные контракты. На особенность заключения контрактов повлияло несколько причин. Во-первых, из-за геополитических проблем и внешней экономики России очень сильно сократился внутренний рынок. Многие игроки ушли с рынка, либо отказались от высококачественных сервисов сторонних компаний и перешли на решение логистических проблем внутренними мощностями и ресурсами. Таким образом, потенциальных клиентов стало меньше и как следствие рынок стал более концентрированным. Конкуренция внутри отрасли предоставления складских услуг увеличилась, и потенциальные клиенты обрели большую переговорную силу и стали требовать особые условия для себя. Например, удовлетворение потребностей по первому требованию, то есть возможность предоставлять заявку на обработку заказ в любое время и выставляя минимальное время на его операционное обслуживание. И естественно коммерческий отдел идет на уступки чтобы поддерживать товарный поток и количество клиентов. Также большинство контрактов заключены по не оптимальным ключевым показателям. Например, в контракте с компанией “TELKA” цены и ключевые показатели измеряются в метрах кубических. То есть, если заказ идет на обработку одного метра кубических на паллете, есть два сценария событий. В силу специфики работы компании речь пойдет о бытовой технике и ее стикеровке, первый сценарий - на паллете может быть две стиральные машины и необходимо наклеить всего 2 стикера; второй сценарий- на паллете 200 коробочек с фотоаппаратами и надо наклеить столько же стикеров. Объективно объем работ разный, но при этом цена за работу привязана к драйверу затрат в виде метра кубического. и цена единая. Во-вторых, существует довольно популярная проблема внутри крупных корпораций, где существует нестыковка KPI отделов логистики и производства с отделом продаж и маркетинга). Так что отдел продаж, чтобы увеличить свою прибыльность и выполнение KPI идут на серьезные уступки, чтобы заключить как можно больше контрактов. При этом основной проблемой является второстепенность интересов операционных отделов, так как ответственность за исполнение ложится уже на складской отдел и в случае перезагрузки получаются задержки и как следствие не выполнение KPI. Одним из решений этой проблемы может быть практика компании “Филип Моррис”, в рамках которой компания создает «универсальных Солдатов» путем постоянных перемещений на обязательной основе работников в разные функциональные отделы и направления. В итоге работник, прошедший по разным стадиям создания ценности и накопившимся опытом, видит картинку в целом и принимает максимально взвешенное решение относительно всей компании, а не только своего подразделения и своих ключевых факторов успеха.

## **1.4 Источник проблемы: маркетинг и логистика**

Одним из источников проблемы, которая решается в рамках данного консультационного проекта, являются коммерческие контракты, заключенные с клиентами. они несут в себя ряд проблемных моментов, которые напрямую влияют на эффективность работы склады. Во-первых, в контрактах с клиентами не прописаны конкретные и точные графики приемки и отгрузки, таким образом отдел по управлению складом находится в ситуации принятия решений в условиях неопределенности. Это означает, что менеджер и бригадир смены не знают производственного плана на следующий день. Второй причиной является ограниченность операционной зоны, как было сказано выше “Алерс” специализируется на предоставлении складских услуг, в частности предоставления VAS. Большая часть клиентов пользуется не только простым складированием своей продукции, то есть разгрузили контейнер, поставили паллеты на стеллаж, через некоторый промежуток времени сняли их и отгрузили конечному потребителю. Для данной операции необходимо не так много ресурсов: входной/выходной док, электропогрузчик вилочный, узкопроходный штабелер и водители для техники соответственно. Но такая ситуация складывается крайне редко. Как правило в эту цепочку включаются еще многие дополнительные услуги, такие как: распаковка паллеты, маркировка товара, наклеивание лейблов, вкладывание инструкций или переупаковка в другую тару, добавление промо-акций. Все эти действия требуют кроме базового набора ресурсов еще и дополнительные мощности. При этом основным ресурсом, который становится необходимым, является операционная площадь на территории складского центра. В операционной деятельности склада “Гамма” осуществляется три вида обработки продукции: паллетная сборка, коробочная сборка, штучная сборка. Каждый вид слуг вне зависимости от вида требует определенного места вне стеллажа. В первом случае, паллету может быть необходимо распаковать и наклеить маркировку на каждую коробку. В этом случае необходимо задействовать электропогрузчик вилочный, штабелер, водители, необходима зона куда можно отвезти груз и поставить для дальнейшей обработки, необходим работник, который будет осуществлять распаковку и наклейку, и ему тоже нужно пространство, чтобы передвигаться вокруг паллеты. В итоге операционная зона становится основным драйвером временных и ресурсных затрат.

Как уже говорилось ранее, склад “Гамма” обслуживает трех ключевых клиентов компании “Алерс”, которые генерируют основной поток заказов и услуг. В связи со сложностью и особенностью заключенных контрактов с ключевыми клиентами возникает неопределенность поставок, характер и объем дополнительных услуг. Поэтому часто возникает неопределенность функционального планирования склада. Как было сказано выше основной проблемой являются возможности операционной зоны, так как именно в ней происходят ключевые виды деятельности как: разгрузка фуры, сборка и формирование заказа, предоставление дополнительных услуг. В операционной зоне и образуются очереди на обработку или задержка по отгрузке заказа. Но в то же время, когда вся операционная зона занята формированием заказов, стеллажи могут быть не до конца заполнены. Зачастую полки или даже целый стеллаж может стоять пустым. Проблема возникает, когда отдел продаж и маркетинга, видя пустые зоны предлагает их заполнить увеличенным потоком действующих клиентов или прикрепить к складу еще одного нового клиента. Отдел маркетинга не видит проблем в ограничениях операционной зоны, ссылаясь на то, что это неэффективность сотрудников склада и транспортной службы. Это приходит к конфликту между складским отделом и отделом маркетинга. Решением данной проблемы должно стать формирование качественных показателей, которые будут связывать количество занятых паллетомест на стеллажах и возможности операционной зоны. Это поможет упростить взаимодействие сотрудников из разных функциональных областей и с разными показателями эффективности и целями.

## **Выводы по главе 1**

В данной главе была рассмотрена история компании «Ahlers», которая одна из первых вышла на рынок восточной Европы после распада СССР. Штаб-квартира была открыта в Санкт-Петербурге и по сей день сегодня там находится, что не обычно для международных компаний. Глобально компания предоставляет четыре вида услуг: морские контейнерные перевозки, решения для оптимизации цепочки поставок, складские услуги, выступает как полноценный 3PL провайдер. В России компания является провайдером складских услуг и всевозможных сервисов создающих ценность для потребителя конечного продукта VAS (Value Added Services).

Основанная проблема заключается в частых разногласиях между отделом продаж, для которых основным показателем является количество занятых паллето-мест на стеллажах. В то время как для операционного департамента это не существенно, а вот количество исполненных заказов в срок напрямую определяет их эффективность. В то время как становится неизвестным смогут ли работники операционного отдела обрабатывать все заказы при полной загруженности стеллажей. На это существует несколько причин, во-первых, сложность заказа каждый раз разная. Например, один и тот же объём товара может обрабатываться совершенно в разное время и с различными затратами ресурсов. Также основным ограничением является операционная зона, в которой происходит сборка заказа и зачастую именно она становится основным узким местом во всех процессах. И как следствие, выстраивание очередей на обработку, а если дополнить это волатильностью рынка и спецификой заключенных с ключевыми клиентами контрактов, то и получиться проблема неопределённости пропускной способности склада.

Исходя из предпосылок неопределённости спроса и плана в целом, а также ограниченности ресурсов, необходимо выяснить пропускную способность склада. Причем классический метод в данном случае не подходит из-за специфики операций и предоставляемых услуг. В рамках данного проекта необходимо будет разработать инструментарий для оценки взаимосвязи комбинации производственных ресурсов и особенностей сервисных услуг с конечным результатом в виде количества обработанных заказов за период времени.

# **Глава 2. Подходы к оценке пропускной способности склада**

## **2.1. Обзор научных подходов к оценке деятельности склада**

Специфика процессов на складе должна концентрироваться на тех факторах, которые имеют сильное влияние на весь поток товаров и ценности в рамках всей цепочки создания ценности. В научных подходах к формированию складских процессов можно найти много факторов, которые влияют на весь процесс складирования- в первую очередь это описанные процедуры и ресурсы. Поэтому очевидно, что управление складом должно быть направленно на улучшение эффективности процессов, как внутренних, так и внешних на протяжении всей цепочки. Сложность управления складом и оптимизации процессов внутри него связана с большим количеством концепций, в рамках которых рассматриваются разные ключевые показатели к увеличению эффективности. Данный проект так или иначе связан с оценкой эффективности и можно выделить несколько основных теорий.[[3]](#footnote-3) Если данную теорию рассматривать с точки зрения определения эффективности, то можно выделить два случая. Первый - получение такого же результата(эффекта) при меньших затратах(усилиях). Второй - получение большего результата(эффекта) при меньших затратах(усилиях). Исследование применения теории Lean в логистике очень мало изучена. Согласно работе Мейрсон П.**(**Myerson,[[4]](#footnote-4)),только последние 6 лет инструменты Lean применяются специализировано для улучшения логистических функций с целью упрощения и оптимизации процессов. Несмотря на то, что в мире уже произошел значительный скачок в технологическом развитии и появление новых технологий таких как, радиочастотная идентификация RFID[[5]](#footnote-5) с метками-транспондерами, автоматические системы и роботизация, до сих пор много сфер для работы в складском управлении. В действительности, применение Lean практик в частности на складе и дистрибьюторском центре могут принести позитивное влияние для клиентов и для самих компаний, потому что с одной стороны, это позволит минимизировать количество не добавляющих стоимости действий с точки зрения клиента, и с другой стороны это может стать конкурентным преимуществом для фирмы потому что это поддерживает эффективное управление всей логистической цепочкой. В последние годы тренд выявил пути развития складов, чтобы стать более гибкими к изменчивому спросу, улучшить прозрачность и точность запасов и оптимизировать ключевые логистические операции, эффективность работ. Однако для старта применения Lean, необходимо установить цели и ключевые показательные индикаторы, которые помогут измерить выполнимость целей. Главной причиной неудач в эксплуатации данного подхода является недостаток понимания основных практик. Это невозможно управлять в манере Lean без инструментария измерения результата. А то что не измерено, то неизвестно и поэтому не может быть улучшено[[6]](#footnote-6)**.** Основные KPI рассчитываются с учетом рассмотрения семи принципов Lean менеджмента, восьми видов выбросов и четырех ключевых видов деятельности склада. В контексте теории Lean склада не должно быть узких мест” бутылочное горлышко” в основных процессах, нет разрывов и остановок в текущем процессе по созданию продукта, отсутствие необязательной транспортировки материалов, перемещения работников или ошибок в собирании заказов. Цель такого управления складом, конечно же, совпадает с целью бережливого производства: ускорить материальный поток, уменьшить уровень выбросов и уменьшить уровень запасов. Однако, введение Lean на складе не тоже самое, что и на производстве. Так как на складе имеются специфичные процессы.[[7]](#footnote-7)

Если описывать кратко подход к составлению KPI, то выделяют семь важнейших активностей: JIT (Just In Time), WE (Waste Elimination), continuous improvement (постоянное улучшение), perfection, PZQ (zero defects and quality), lean tools application (VSM, 5S, и так далее), межфункциональе команды и управление закупками и поставщиками. Восемь видов выбросов: запасы, транспортировка, передвижение, ожидание, перепроизводство, сложность процессов, дефекты и ошибки, и неиспользуемые персонал. А также четыре ключевые виды деятельности, которые протекают на складе: разгрузка товаров, хранение, сборка заказов и отправка заказов[[8]](#footnote-8). Данные двенадцать характеристик бережливого производства определяют матрицу составления ключевых показателей эффективности каждого отдела и сотрудника.

Анализ многих статей только подтверждает сложность и комплексность складской эффективности. Лучший подход — это постоянно пытаться улучшать свою деятельность и производительность. [[9]](#footnote-9) Существует четыре варианта осуществлять данный процесс:

* Улучшение эффективности через лучший процесс принятия решений;
* Улучшение эффективности через использование меньшего количество вложений для достижения тех же результатов;
* Улучшить продуктивность в других моментах, таких как более высокое качество, меньше аварий, меньше выбросов;
* Улучшение морального духа для достижения большей кооперации и стимулов.

Тем не менее, в действительности надо помнить, что цели по максимизации эффективности могут привести к возникновению значительных проблем. Наиболее опасные из них:

* Недостаток координации между целями отдельных отделов и компании в целом при реализации изменений.
* Несоответствие между операционными целями различных департаментов.

Управление складом или распределительным центром очень важный элемент бизнес-процессов любой корпорации. Поэтому необходимо правильно оценивать эту значимость. Управление складом может рассматриваться как минимум в трех ключевых областях процесса, совместно влияющих на цепочку поставок:[[10]](#footnote-10)

* Закупки - в этом случае цель менеджмента заключается в приемке сырых материалов и полуфабрикатов, хранении и отправка для срабатывания в производстве.
* Производство- где задачей менеджмента является сокращение и оптимизация пространства и ресурсов, выделяемых в определенных зонах на протяжении всех этапов производства.
* Дистрибьюция- менеджмент должен ответить на вопросы: где хранить, собирать и отправлять готовую продукцию таким образом, чтобы удовлетворить и соответствовать ожиданиям потребителей.
* Оценка эффективности склада довольно сложная концепция для определения. Как правило эффективность может быть определена как измерение (обычно выводиться в процентах) фактических входных потоков к ожидаемому результату. Эффективность измеряет насколько хорошо что-то имеет результаты, и наоборот продуктивность измеряет результат относительно специфических вводных, например, тонны/трудочасам. Эффективность — это соотношение (APICS Dictionary (2004). фактических произведенных единиц к стандартным показателям производства, ожидаемых за один период.
* Стандартные часы на отработку к фактически отработанным часам (более долгое исполнение означает меньше эффективности).
* Фактический объем выпуска в стоимостном выражении к стандартному объему за период времени в стоимостном выражении.

Анализ складских процессов с точки зрения эффективности, определяет цели и задачи эффективного управления складом, которые показаны в таблице 1. Они могут актуальны ко всем складам, независимо от уровня менеджмента и технологического развития. Так как с точки зрения теории бережливого производства всегда есть зоны для улучшения и показатель, которые надо уменьшать. Цели, представленные в таблице также лягут в основную часть данной работы.

Таб. 3 Цели и задачи менеджеров складских комплексов

|  |  |
| --- | --- |
| **Цели** | **Задачи** |
| Максимально использовать пространство для хранения, посредством соответствующих мер в проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию. и своевременное реагирование к текущим изменениям. | Обеспечение доступности технических и личных ресурсов для достижения запланированного уровня деятельности - возможно только при близкой и постоянной координации с руководством компании; |
| Обеспечение потока товаров, соответствующих требования к поставкам и отгрузкам - требует кооперации складского отдела с отделами закупок и продаж; |
| **Цели** | **Задачи** |
| Минимизация использования манипулированных операций -первый шаг-исключить избыточные операции, второй шаг- искать возможности для сокращения времени для выполнения необходимые операций и действий. | Надежное планирование, контроль и поддержание использования всех имеющихся ресурсов - реализуется на оперативном уровне и может основываться на производственном плане и заказов, размещенных совместно с поставщиком или на плане продаж и количества заказов от клиентов; |
| Непрерывный мониторинг, оценка и совершенствование складских процессов в соответствии с установленными критериями - должно быть основано на выбранных индикаторах и датчиках, отражающий процесс. |

Источник: Dotoli, M., G. Petruzzelli, and B. Turchiano. 2012. “A lean warehousing approach using unified modeling language and value stream mapping: a case study.”9th. International Conference Modeling, Optimization and Simulation. Bordeaux, France .

Признавая обоснованность тезиса о том, что управление складом имеет значительное влияние на функционирование компании, ясно, что оно должно стремиться к непрерывному улучшению функционирования склада. Наиболее важные факторы, влияющие на повышение продуктивности работы склада:

* Регулировка потока в емкость склада - отправной точкой должно быть определение пропускной способности склада. Основываясь на этом, работая с бизнесами, она должна установить график разгрузок и погрузок, чтобы избежать накопление работы в течение дня и возникновения заторов на погрузку.
* Использование зоны хранения- эффективное управление должно реализовываться на имеющихся площадях.
* Рационализация маршрутов, совершаемых сотрудниками, техникой и товарами - этот фактор наиболее важный для процесса комплектования заказа, за исключением того, что вы должны стремиться устранять или сокращать маршруты, совершаемые сотрудниками без груза.

В детальном анализе процессов, протекающих в складском центре с точки зрения операционного контроля, необходимо провести оценку трех основных показателей. Во-первых, эффективность использования ресурсов и их утилизация. В частности, это описывает необходимость понимания соотношения различных ресурсов для совершения действия для создания добавочной стоимости. Во-вторых, должно быть оценено результативность и надежность работы процессов. В-третьих, менеджеры должны провести оценку времени обработки заказа и пропускной способности отдельных частей склада, принимая во внимание время простоя, очереди и узкие места в потоке товаров. Эффективность складского комплекса очень важная проблема с точки зрения организации процессов внутри всей цепочки поставок. Повышение эффективности поэтому заключается в основном в контроле действий и их оценке. Следует, однако, отметить, что, несмотря на многочисленные отсылки на научную литературу, на практике анализ экономической эффективности не применяется, как инструмент, который может обеспечить успешную поддержку процессов принятия решений, происходящих на предприятии. Научное исследование выполненных Авторами для выявлении трудностей при проведении всеобъемлющего анализ эффективности процессов подтверждает низкий уровень использования аналитических инструментов в бизнес практике. [[11]](#footnote-11).

Следует отметить, что 46% опрошенных утверждают, что предприятия не проводили такого анализа или не знают об этом. Несмотря на факт, что 54% предприятий используют процесс анализа эффективности, его использование следует рассматривать как неудовлетворительное. и подтверждать общепринятое мнение о том, что эффективность анализ является сложным процессом и его трудно использовать на практике, особенно из-за отсутствия универсальных аналитических инструментов для поддержки его реализации. Однако результаты также указывают на повышение осведомленности о необходимости анализа эффективности для того, чтобы улучшить конкурентные позиции на рынке.

## **2.2. Теория бережливого склада**

Остановившись на философии Lean для настоящего консультационного проекта, далее опишем более подробно понятие бережливого склада.  Философия бережливости фокусируется на сокращении запасов, поскольку это рассматривается как замороженный капитал. В большинстве цепей поставок склады используются для хранения запасов и поэтому могут рассматриваться как форма отходов. Однако на практике большинство складов добавляют ценность клиенту, создавая полезность времени и места. Чтобы максимизировать добавленную стоимость, бережливые компании в цепочке поставок применяют бережливую дистрибьюцию. Бережливая дистрибьюция может быть определена как минимизацию отходов в цепочке поставок, в то же время делая правильный продукт доступным для конечного потребителя в нужное время и в нужном месте.[[12]](#footnote-12)

Склад — это важная часть нисходящей цепочки поставок. Изучение бережливого складирования в настоящее время не полностью изучено. В последние годы сразу несколько ученых провели исследования влияния бережливого складирования на результативность и на методы оценки в рамках всей организации.[[13]](#footnote-13) Это означает, что это актуальная тема для изучения и актуальна для бизнеса. Существует 21 направление адаптации общей культуры бережливого производства для склада. Они позволяют сквозь всю цепочку поставок доставлять дополнительную ценность. Поэтому Дехдари (2013) определяет бережливый склад как лидерскую концепцию, больше чем только набор инструментов и практик.[[14]](#footnote-14) Лидерская концепция подразумевает под собой цели в постоянном, стабильном и измеримом улучшении в складской среде, улучшением работников склада и стремление достичь совершенства в каждом операционном и корпоративном действии. Хотя бережливое складирование и основано на лидерстве и культуре, но внедрение данной программы требует широкого набора практик, вместо единичного или ограниченного набора бережливых инструментов. Согласно Махфаузу (2011) данная концепция обладает основной целью к увеличению ответственности и быстроте реакции на сигналы от спроса и сокращение общих затрат с помощью упрощения процессов.[[15]](#footnote-15) Реакция на изменчивый спрос на рынке часто ассоциируют с практикой Agile вместо бережливого производства. При этом эти две теории не являются взаимоисключающими, обе концепции фокусируются на снижении времени доставки и строгий фокус на требования клиентов. В рамках складских процессов заказы — клиентов- это сборочный продукт. Поэтому Lean на складе фокусируется на сборке заказов наиболее эффективным способом, минимизируя не добавляющие ценность действия при получение заказы, исполнения, упаковки и отправки.[[16]](#footnote-16) Чтобы уменьшить не добавляющие ценность активности необходимо идентифицировать и устранить все виды выбросов. Все семь выбросов в рамках бережливого производства могут быть адаптированы и к складированию:[[17]](#footnote-17)

1. Дефекты - обработка и отправка продукции с дефектами.
2. Перепроизводство - закупка, упаковка и отправка продуктов, которые еще не нужны.
3. Простой - собранные заказы ждут инспекции, отправки или упаковки.
4. Необязательные передвижения - необязательные передвижения сборщиков и упаковщиков из-за не эффективного составления пути.
5. Необязательные запасы - хранение большого количества запасов вне стеллажей.
6. Транспортировка - неэффективное передвижение продуктов из-за неэффективного планирования склада и систем выстраивания путей.
7. Неподходящие процессы – дополнительная инспекция для заказов и дополнительная переупаковка.

Традиционный склад должен выполнять функции кросс-докинга. Тогда в рамках концепции бережливого склада кросс-докинг должен соответствовать принципам гибкого планирования, продвинутых методов оптимизации внутрискладских передвижений и использовать движение готового продукта и полуфабрикатов по канбан. Эти принципы будут создавать и определять операционные потоки в приемке, упаковке и закупках, в то время как постепенно будут уменьшаться средние временные затраты на обработку одного заказа. Основываясь на опыте и теоритических трудах Бозера (2012) смог представить более полное определение бережливого склада. Согласно исследованию Бозера бережливый склад есть управленческая система, основанная на следующих принципах:

* Использовать 5S, чтобы достичь совершенства в пределах склада.
* Постоянное улучшение складского комплекса через процесс принятия решения и кайзен. Наиболее важная цель постоянного улучшения - достигать значимых и существенных улучшений.
* Использовать методы визуализации результатов в реальном времени. В дальнейшем начинать рабочий день смены со встрече, где обсуждаются текущие результаты, ошибки и возможности для улучшений.
* Стандартизировать склад и протекающие на нем процессы с помощью описанных на бумаге инструкций и процедур.
* Уменьшить количество «промежуточных действий» для каждого заказа.
* Уменьшить существующий запас отдельных единиц хранения и частое обновление малыми партиями.
* Измерять, улучшать и проверять плотность в кубических зонах, с целью улучшить хранение, а также время передвижений.
* Создавать поток путем планирования входящих/исходящих поставок на основе временных окон и на основе доступной емкости. Кроме того, необходимо, чтобы был равный уровень рабочей нагрузки между различными функциональными подразделениями в переделах склада.
* Хранить продукцию таким образом, чтобы минимизировать дистанцию передвижений, минимизировать время сборки и оптимизировать плотность зоны хранения.
* Обучать управленческих персонал основным принципам бережливого производства и мотивировать для применения бережливого лидерства на процессах на складе. Применять подход постепенно, используя пилотные проекты, не применять методики сразу на все функциональные отделы.

## **2.3. Подходы к оценки пропускной способности.**

Фаррелл[[18]](#footnote-18) в своих работах заложил базу оценки эффективности и производительности на предприятиях и в отдельных функциональных областях. Его работа помогает по-новому посмотреть на два вопроса: как определить эффективность и производительность, и как сделать правильные расчеты эталонной меры эффективности. Эффективность измеряется расстоянием от рассматриваемых единиц до границы производственных возможностей, принятой в качестве «лучших практик».

Если рассматриваемая единица находится на границе производственных возможностей – она считается как эффективная, если единица лежит ниже границы производственных возможностей – она, следовательно, оценивается как неэффективная. Согласно исследованиям Фаррелла, эффективность складывается из двух частей: технической эффективности и эффективности распределения ресурсов, или как ее еще называют аллокативной. Первое показывает способность рассматриваемых единиц минимизировать используемые ресурсы для производства определенного результата. Второе же определяет способность рассматриваемых единиц-объектов использовать ресурсы в оптимальных пропорциях с учетом соответствующих затрат и технологий производства. Вместе эти показатели представляют собой полную меру эффективности.

Оценки эффективности классифицируются в соответствии с методологиями, используемыми для построения границы производственных возможностей. Одними из самых популярных методов оценки эффективности являются анализ стохастической границы (SFA) и анализ свертки данных (DEA). Анализ свертки данных и анализ стохастической границы имеют в своей основе абсолютно разные методологии и предположения для измерения эффективности. Каждый подход обладает определенными сильными и слабыми сторонами, поэтому нет единственного правильного метода измерения эффективности.

Анализ стохастической границы (SFA) основывается на предположении, что фактическая производительность объектов анализа демонстрирует целый ряд факторов, влияющих на успех их функционирования. Стохастический подход подразумевает границы отклонений от «лучших практик» как составных остаточных эффектов: одиночного показателя неэффективности, показывающего управленческую компетентность и симметричность случайных ошибок, отражающих недостающие переменные, погрешности измерений и стохастические элементы за пределами управленческого контроля.

Анализ свертки данных (DEA) основан на применении линейного программирования для сравнения относительно схожих по ресурсному обеспечению объектов. Данный подход основан на соотношениях использованных ресурсов и полученных результатов и позволяет данным говорить «самим за себя». Анализ свертки данных демонстрирует отставание рассматриваемых единиц от «лучших практик», связанное с неэффективным распределением ресурсов. Неэффективные единицы должны функционировать на одном уровне «лучших практик» путем принятия управленческих, бережливых, эффективных методов производства и вариаций комбинаций затраченных ресурсов и полученных результатов, которые находятся под контролем руководства и инее имеют влияния из вне.

На практике можно наблюдать большое количество примеров, когда компании использовали DEA и SFA для оценки эффективности функционирования цепей поставок или отдельных департаментов, таких как склад. В рамках данной работы используется анализ эффективности для выявления функции наилучших практик в рамках одного склада.

## **2.4. Описание метода свертки данных**

Анализ свертки данных (DEA = Data Envelopment Analysis), также известный как анализ среды функционирования, был впервые сформулирован А. Чарнесом, В. Купером, Е. Роудомв 1978 году[[19]](#footnote-19). Анализ свертки данных принадлежит широко известным семейством математических инструментов программирования для оценки относительной эффективности набора сопоставимых единиц обработки (единиц принятия решений, Decision Making Units)[[20]](#footnote-20). Данный подход может быть успешно реализован, как к коммерческим организациям, так и к некоммерческим организациям. В рамках анализа DEA производительность единиц принятия решений измеряется отношением взвешенной суммы переменных «выхода» к взвешенной сумме переменных «входа». Эффективность единицы измеряется как сравнение ее производительности с производительностью «лучших практик» в наборе элементов анализа. Самые эффективные единицы принятия решения образуют границу производственных возможностей. В том случае, когда единица лежит не на границе производственных возможностей - она считается не эффективной. После оценки относительно эффективных представленных в выборке единиц, анализ показывает, каким образом переменные «входа» и «выхода» должны быть изменены с целью максимизации эффективности текущих единиц.[[21]](#footnote-21)

### **Единицы принятия решений**

В анализе свертки данных, может быть рассмотрена либо организация в целом или ее часть, которая называется единицей принятия решения (DMU = Decision Making Unit). Дать определение не составляет особого труда, так как единицы принятия решения можно выбирать довольно таки свободно, что обеспечивает гибкость в ее использовании в широком диапазоне возможных применений. Как правило, за единицы принятия решения принимаются объекты ответственные за процесс формирования «входа» в «выход» и отнесенные для оценки. Предположим, что существует n единиц принятия решений (DMU1, DMU2, … DMUn). Общие переменные «входа» и «выхода» для каждой DMU*j*, *j = 1,…n*, выбираются следующим образом:

* Каждой переменной «входа» и «выхода» соответствует числовые данные, при этом подразумевается, что для каждой единицы принятия решения эти данные являются положительными.
* Переменные «входа» и «выхода» должны отражать относительную оценку эффективности единиц принятия решения.
* Для оценки эффективности предпочтительны небольшие значения переменных «входа» и большие значения переменных «выхода».
* Единицы измерения различных переменных «входа» и «выхода» должны быть конгруэнтными. Например, количество сотрудников, площадь, денежные затраты.[[22]](#footnote-22)

### **Предположения модели**

1. Данная модель предполагает, что данные собраны, оценены и записаны корректно.
2. Данная модель предполагает, что масштаб отдельного дня соответствует общему обороту всего склада. Учитывая, что выходные линии на складе зависят от объема заказов, измерение эффективности может быть неточным, если мощность и объем заказов не совпадают.
3. В отличие от регрессионного анализа, отклонение не учитывается при оценке границ в методе DEA. Учитывая, что нет априорного предположения о производственной функции складирования и что потенциал улучшения неизвестен, разумно и целесообразно предполагать, что предыдущая высокая производительность обусловлена не только стохастическим отклонением, но и должна быть достигнута снова.
4. Данная модель предполагает свободное размещение. Свободное размещение означает, что можно производить меньшую производительность с одним и тем же входом и производить тот же вывод с большим количеством ввода, что, очевидно, справедливо для операций складирования.
5. Данная модель предполагает, что выпуклость имеет место для лучших практик и опыта в складских операциях. Это предположение отражает природу операций складирования.
6. Данная модель предполагает аддитивность, что означает, что при добавлении вводных факторов вместе можно получить сумму вывода. В области складирования это является естественным предположением, поскольку, сочетая человеко-часы и пространство двух складов, конечный результат будет общий.
7. Данная модель предполагает, что все DMU имеют одинаковый доступ к одной и той же технологии. С общей точки зрения это предположение верно, поскольку все склады применяют технологию складирования и производят одни и те же результаты с одинаковыми входными ресурсами.
8. Данная модель предполагает ориентацию на результат. Обычно эталонная проверка складских операций применяется в соответствии с ориентацией ввода в предыдущих публикациях. Однако из-за целей управления и возможного правового регулирования в некоторых регионах (например, регулирования трудовых отношений) решено, что повышение уровня выпуска будет направлено. Это предположение также согласуется с предположением 6), которое указывает на то, что улучшение выпуска не будет ограничено ростом продаж.

Кроме того, количество DMU является одним из ограничением для подхода DEA, который требует особого внимания перед его применением. DMU будут считаться эффективными, если их недостаточно, из-за природы метода DEA. Предложенное эмпирическое правило означает чтобы было не менее 3-кратного числа входных данных и количества выходов вместе. Поэтому, чтобы получить релевантный результат, общее количество входов и выходов должно быть менее пяти.

### **Модель CCR**

Базовая модель анализа DEA носит название CCR-модель (по аббревиатуре фамилий группы ее разработчиков [Charnes, Cooper, Rhodes, 1978]). Для определения эффективности рассматриваемых единиц принятия решений используется следующая модель:

(1)

при ограничениях:

*(2)*

*,* ≥ *ε* для *∀r и i,*

Где:

– – количественное значение переменной «выхода» *r*, наблюдаемое у единицы принятия решений *j*;

– количественное значение переменной «выхода» *i*, наблюдаемое у единицы принятия решений*j*;

– весовой коэффициент переменной «выхода» *r*;

– весовой коэффициент переменной «входа» *i*;

*n* – Число рассматриваемых единиц принятия решений;

*t* – число переменных, описывающих «выход»;

*m* – число переменных описывающих «вход»;

*ε* – сколь угодно малая положительная величина.

В результате решения данной модели определяется максимальное значение эффективности единицы принятия решений *j0* при условии, что эффективности всех входящий в множество сравниваемых единиц принятия решений не превышают 1. Основная особенность представленной выше модели состоит в том, что весомые коэффициенты *ur* и *vi* выступают в роли переменных, значения которых неизвестны. Последние выбираются таким образом, чтобы максимизировать эффективность выбранной единицы принятия решений *j0*. Эффективность единицы принятия решений *j0* может принимать значение либо равное 1, что означает эффективность выбранной единицы принятия решений *j0* относительно других единиц рассматриваемой совокупности, либо меньше 1, что соответствует ее неэффективности. Для неэффективной единицы получаемое решение указывает на единицы принятия решений, образующие соответствующее эталонное множество. Входящие в него единицы оказываются эффективными при наборе весовых коэффициентов, максимизирующих, эффективность неэффективной единицы *j0*. Эффективность каждой единицы принятия решений относительно рассматриваемой совокупности может быть определена путем поочередного решения модели 1 для каждой единицы. В общем случае при решении задачи максимизации значения весовых коэффициентов для различных единиц принятия решений будут различными. Такая гибкость в выборе весов одновременно являет собой как преимущество, так и недостаток данного подхода. Недостаток заключается в том, что разумный выбор весовых коэффициентов делает возможным отнесение единицы принятия решений к разряду эффективных, но при этом существует опасение, что получаемый результат является следствием манипулирования весовыми коэффициентами, а не присущей самой организации эффективности. В то же время эта гибкость проявляет себя и как преимущество – в случаях, когда подбор наиболее благоприятных для единицы принятия решений весовых коэффициентов оставляет ее неэффективной, аргумент в пользу того, что используемые весовые коэффициенты выбраны неверно, становится несостоятельным. Модель анализа свертки данных представляет собой задачу дробно-линейного программирования, которую можно преобразовать в линейную форму, чтобы использовать методы линейного программирования. Задача линейного программирования, полученная из исходной модели.

Целевая функция была линеаризована исходя из того, что при максимизации отношения важны относительные, а не фактические значения числителя и знаменателя. Поэтому в модели 2 значение знаменателя было зафиксировано, а максимизации подлежит числитель. Решение модели 2 осуществляется поочередно для каждой из рассматриваемых единиц принятия решений. Нахождение решения с помощью программного обеспечения не представляет особых сложностей ввиду того, что в каждом из случаев большинство ограничений остается неизменным, а это позволяет эффективно проводить вычисления. Нахождение решения возможно не только для прямой задачи (Модель 2), но и для двойственной по отношению к ней. Поскольку в исходной задаче присутствует *t + m* переменных, то двойственная ей задача будет иметь *t + m* ограничений. В прямой задаче имеется *n + t + m + 1* ограничений. Так как количество единиц принятия решенийn, как правило, существенно превышает *t + m* – суммарное число переменных «входа» и «выхода», то в общем случае для решения прямой задачи потребуется больше времени, чем для решения двойственной к ней.

Двойственную задачу не стоит рассматривать только как инструмент упрощения вычислений. Она проливает свет на сущность анализа сравнительной эффективности с помощью анализа свертки данных. В модели 3 осуществляется поиск коэффициентов для построения составной единицы принятия решений, которая имеет значения переменных «выхода» и переменных «входа» и при этом превосходит по эффективности единицу *j0*. Единица принятия решений *j0* будет эффективной, когда ее резервы будут равны нулю и, соответственно значение *Z0* будет равно единице, или иными словами, когда будет доказано, что построение составной единицы принятия решений более эффективной, чем *j0* невозможно. И обратно, если единица *j0* неэффективна, то *Z0* будет иметь значение меньше 1 и / или будут существовать положительные резервы для роста эффективности. С помощью оптимальных значений конструируется составная единица принятия решений, которая превосходит по эффективности единицу принятия решений *j0* и выступает для последней в роли эталона. Величина *Z0* показывает максимальное значение доли у единицы принятия решений *j0* переменных «входа», обеспечивающих ей достижение хотя бы текущих значений переменных «выхода».

### **Положительные стороны метода DEA**

Для анализа эффективности и дальнейшей пропускной способности склада “гамма” для анализа был выбран метод “анализ свертки данных” или в англоязычной литературе “Data envelopment analysis (DEA)” DEA анализ представляет собой непараметрический метод, применяющий линейное программирование для оценки производственных границ. Такой подход, как было сказано выше, часто используется для бенчмаркинга на рынке складских операторов. Оценки эффективности генерируются из подхода DEA с использованием базового метода линейного программирования. Когда показатели эффективности равны 1, DMUs считаются эффективными. Все эффективные DMUs составляют границу наилучших практик, которые являются лучшими в настоящее время, которые могут быть достигнуты DMUs. Если эффективность выше или ниже, это означает, что есть еще пространство для достижения границы лучших практик и число означает расстояние между текущей производительностью и наилучшей практикой. Например, оценка эффективности равная 1,37 означает, что для достижения оптимальной границы требуется 37% улучшения. Для модели с одним входным ресурсом и результатом вычисление довольно простое. Сначала модель вычисляет значение эффективности каждого DMU (выход/вход). Максимизируя θ, модель ищет самое высокое отношение эффективности других DMU к собственной эффективности. Например, предположим, что самый высокий показатель эффективности равен 20, принадлежащий DMU1, а текущий DMU имеет эффективность 18, тогда соотношение с самым высоким показателем будет 20/18 = 1.11. Но когда существует несколько видов входных ресурсов и результатов, появляются новые переменные, которые служат весовыми коэффициентами для каждого показателя входа и выхода, но расчет следует по той же логике. Модель все также находит наивысшее соотношение, изменяя вес. Концепция эффективности в значительной степени похожа на концепцию границы лучших практик. Эффективность определяется как относительная эффективность, означая, что DMU эффективен на основе имеющихся доказательств тогда и только тогда, когда характеристики других DMU не показывают, что некоторые из его вводных или выходов могут быть улучшены без ухудшения некоторых других входов или выходов[[23]](#footnote-23). В индустрии складских операторов традиционный бенчмаркинг уровня производительности измеряется как отношение одного результата к единому ресурсу, называемого единичными коэффициентами производительности[[24]](#footnote-24). Однако, поскольку производственные процессы стали более сложными, как в 3PL, для ввода более чем одного результата часто используются несколько видов ресурсов. Это приводит к набору показателей производительности с одним отношением, которые могут сбивать с толку - типичная проблема оценки множества критериев. Поэтому показатели работы склада или распределительного центра имеет множественное определение. В DEA используется техника линейного программирования, чтобы установить подходящий метод для установления соотношения множественных ресурсов и выходов с помощью эмпирической функции описанной Farrell[[25]](#footnote-25) (Связь между DEA и обычным единичным соотношением измерения продуктивности работы исследовано и описано в работе Chen and McGinnis[[26]](#footnote-26) ( DEA требует выяснить, описать и специфицировать ресурсы на входе и результат на выходе для каждой единицы принимающей решение (DMUs- Decision-Making Units). Затем вычисляем оценку эффективности для каждого DMU как отношение взвешенной суммы результатов к взвешенной сумме входных ресурсов, где все оценки эффективности ограничены, они должны находиться в промежутке между 0 и 1. Основная сильная сторона DEA заключается в том, что она позволяет для каждого DMU выбирать веса, которые максимизируют их собственную эффективность. С одной стороны, эффективность не означает, что DMUs являются абсолютно, но они относительно эффективно среди других единиц измерения. Именно этот факт, что метод свертки данных позволяет оценить относительную эффективность среди однородных единиц принимающих решение, делает его наиболее подходящем для решения конкретной проблемы компании «Алерс РУС». Так задачей проекта является оценить максимальную мощность склада при неизменных вводных, то хорошей идеей будет сравнить между собой отдельные дни. Таким образом, объектом анализа или юнитом принимающем решение можно взять отдельный день на горизонте определенного времени. Например, можно проанализировать наиболее сложные и комплексные дни с точки зрения работников. Тогда все отдельные дни в этом промежутке будут считаться DMU. Также в поддержку выбора данного метода говорит однородность водных ресурсов и результатов, ведь ежедневно на объекты выполняются одни и те же процессы с одинаковыми ресурсами и ожидаемым результатом. В-третьих, традиционный метод оценки эффективности с единичными вводными не сможет оценить мощность складского цента, потому что на эффективность склада влияют как минимум 4 вида ресурсов: работники, техника, складские площади, операционные зоны. А метод свертки данных позволяет рассмотреть всю комплексность каждой ситуации. Также преимуществом метода может считаться возможность по итогам анализы выстроить границу производственных возможностей, из которой будет вытекать и максимальная пропускная способность складского центра.

## **2.5. Описание анализа стохастической границы**

Изучение выявления функций затрат, производственных функций и функций доходности имеют длинную историю и использование данных моделей хорошо известно на практике. Данный подход помогает ответить на ряд популярных вопросов в бизнесе:

* Если фирма расширяет объёмы своих процессов за счёт увеличения вводных ресурсов на 10%, то на сколько увеличиться выход? На сколько в таком случае упадет стоимость одной произведенной единицы?
* Если фирма активно инвестирует в ИТ-технологии и инновационное оборудование, то на сколько меньше персонала потребуется чтобы производить тот же уровень продукции? И сколько еще придется нанять дополнительно ИТ-специалистов?
* Можем ли рассматривать определённые вводные независимо от других?
* Сравнивая с прошлым годом на сколько больше мы сможем произвести с данным уровнем вводных.
* Сравнивая с лучшими практиками на рынке по схожим набором вводных факторов, столько в итоге мы можем производить при заданном уровне вводных?

Исходя из теоритического знания, эти вопросы должны быть рассмотрены с точки зрения таких показателей как: экономии от масштаба, субституанальности и комплементарности ресурсов, взаимозависимости вводных, технических изменений и технической эффективности. Именно техническая эффективности и помогает понять зависимости в производственной функции.

За последние время литература об методе оценки стохастической границы значительно стала популярней и широко используется в экономических исследованиях производительности и технической эффективности в различных областях бизнеса и общественной жизни например в: аэропортах, электроэнергетике, коммерческом рыболовстве, земледелии, производстве многих сортов, предоставлении государственных услуг по транспортировке и тяжелом производстве, складировании, рынки труда и в огромном количестве других направлений. Обзор основных моделей, эконометрических методов и эмпирических исследований можно найти в работах Kumbhakar и Lovell (2003)[[27]](#footnote-27). Объемная исследовательская работа также была проведена по измерению эффективности финансовых учреждений, производственных комплектов и некоммерческих организаций.

### **Математическая модель**

Все производственные процессы представляют собой трансформацию вводных факторов (например, рабочий капитал, материалы, техника и так далее) в факторы выхода (которые могут быть представлены в виде в виде физических товаров или услуг). Производственная функция описывает трансформационные отношения, которые оборачивают ресурсы в результат. Для примера, если мы рассматриваем простой пример с 1 вводным фактором и одним фактором выхода, то производственная функция показывает уровень производства, который можно достичь при нынешних технологиях и уровне вводных факторов. В данной модели предполагается, что компания использует свои возможности на максимальный потенциал. Так как фактическое поведение внутри фирмы предполагает определение оптимального соотношения вводных и выходов через максимизацию прибыли, минимизацию затрат и другие экономические факторы.

Для того чтобы оценить техническую эффективность в данном примере, необходимо дать более точно определение производственной функции. Производственная функция — это репрезентация процесса трансформации. Если вводные факторы производтсва и выход рассматриваются как отдельные категории, то отношения между ними можно описать функцией y=f (x1, x2,….xj)=f(x). Где f(x)- производственная функция, которая обеспечивает максимальный выпуск для вводной «x». Но это самая простая модель для одного фактора.

Если говорить о модели уже с несколькими вводными, то техническая неэффективность с большей вероятностью ориентированы на результат. Графически неэффективность будет располагаться под стохастической границей. И в зависимости от количества факторов будет множество вариантов для улучшения. Чтобы оценить эффективность компании, необходимо взять набор фирм, которые работают в схожих условиях и имеют одинаковые возможности в данный момент времени. Очевидно, из-за специфических характеристик каждой отдельной фирмы они будут отличаться, например, за счет различного уровня управления, технического обеспечения и объёма инвестиций. Разные компании используют данные набор факторов по-разному, следовательно, у каждого фактора будет свой вес. Из-за большой вариативности возможностей каждой отдельной единицы исследования можно будет построить оптимальную функцию их производственных возможностей. И найти лучшие практики. Логика SFA, заключается в том, что точка на границе представляет собой максимальную ценность, которую может получить данная фирма, учитывая ее основы и отсутствие неэффективности, а расстояние каждой фирмы от границы – это приблизительный показатель неэффективности определенной фирмы. Чем меньше расстояние от границы, тем выше будет эффективность. Прежде чем оценивать оптимальное значение или границу, необходимо отметить три важных момента, предложенных Г. Нгуеном и П. Свансоном (2009). [[28]](#footnote-28)

Во-первых, поскольку функция границы дает оптимальное значение, достигаемое фирмами, возможно только, то что фирмы могут лежать на границе или ниже границы, но не над ней.

Во-вторых, при бенмаркинге эталонная мера ценности, гипотетически, определяется эконометрической оценкой наиболее эффективных компаний, сталкивающихся с определенным набором возможностей, но истинное оптимальное значение для конкретной фирмы остается ненаблюдаемым.

В-третьих, положение фирмы с оптимальной достижимой стоимостью может быть либо просто из-за случайной удачи, а не из-за превосходного управления или стратегических решений и поэтому не имеет отношения к каким-либо конкретным причинам.

Поэтому важно иметь возможность различать фактическую неэффективность и случайные элементы, не зависящие от принципов или агентов фирмы. Как объяснялось ранее, определение оценки эффективности на основе метода SFA может различать как неэффективность, так и асимметрию удачи и позволяет оценить степень чистой неэффективности. Чтобы различать два, SFA предполагает ошибку, состоящую из двух компонентов. Один из них представляет собой симметричную случайную составляющую, фиксирующую ошибку измерения, случайные удары и пропущенные переменные, а другой - несимметричную составляющую, представляющую систематический дефицит от границы или неэффективность. К сожалению, стандартный метод наименьших квадратов (OLS) не может отличить эти две величины, поскольку компонент неэффективности включен в переменную в OLS и поэтому не поддается определению. Напротив, несимметричная неэффективность в SFA проявляется как асимметрия в остатках, которая может быть рассчитана для каждой фирмы и оценивается соответственно. Используя стандартную запись данных, Y можно выразить как функцию набора (1 × k) объясняющих переменные X, который определяет местоположение границы и погрешность. В данном случае Y представляет собой количество заказов, исполнение которых должны быть максимизированы:

(3)

Двухэтапная процедура оценки, в которой первый этап включает в себя спецификацию и оценку стохастической пограничной функции, и прогнозирование эффектов неэффективности в предположении, что факторы неэффективности одинаково распределены. Второй этап включает в себя формирование модели регрессии для прогнозируемых эффектов неэффективности, что противоречит предположению о идентично распределенных эффектах неэффективности в стохастической границе. Эта процедура вряд ли даст оценки, которые столь же эффективны, как и те, которые могут быть получены с использованием процедуры одноэтапной оценки. Д. Рейфшнайдер и Р. Стивенсон (1991)[[29]](#footnote-29) предлагают стохастическую пограничную модель для пересекающихся данных, в которых эффекты неэффективности (ui) выражаются как явная функция вектора твердых конкретных переменных и случайных ошибок. Параметры стохастической границы и модели неэффективности оцениваются одновременно с учетом соответствующих допущений распределения. Баттезе и Коэлли (1995) [[30]](#footnote-30) предлагают аналогичную модель для панельных данных и согласно их спецификации модели предполагается, что uit будет получен путем уравнения в нуле N (mit, σ2u):

(4)

Где Zit представляет собой (1 × p) множество переменных, которые могут влиять на неэффективность фирм, а wit получается путем усечения N (0, σ2), так что точка усечения равна -Zit δ, т. е. wit\*Zit δ. δ - вектор (p × 1) неизвестных коэффициентов, подлежащий оценке, а wit обозначает необъяснимую компоненту uit. Zit может включать некоторые входные переменные в стохастической границе, если эффекты неэффективности стохастичны. Итоги и их детерминанты Zit могут меняться со временем, принимая изменения в позиции фирмы относительно границы с течением времени, и это отражает динамику конфликтов менеджеров и акционеров. Эффект неэффективности варианта времени выражается как uit = exp {-η (t-Ti)} ui, где η - параметр распада, подлежащий оценке, а Ti - последний период времени на соответствующем горизонте.

## **Выводы по главе 2**

В рамках данной работы будет использоваться анализ стохастической границы, в силу того, что он, в отличии от анализа DEA, позволяется использовать множественный набор критериев для оценки производительности, а также производить оценку неопределенности. Для расчета эффективности таким методом, анализ стохастической границы (SFA) имеет положение несколько выше других альтернативных параметрических и непараметрических методов. В нескольких исследованиях были проанализированы данные как с анализом охвата данных (DEA), так и с параметрическими, детерминированными оценками границ и получены неоднозначные данные. Основным недостатком метода DEA является отсутствие статистических шумов или ошибок измерения в модели. Стандартные статистические тесты для определения значимости переменных или тестирования гипотез также не могут применяться в данной непараметрической модели. В соответствии с детерминированной спецификацией границы, случайные внешние события или ошибка в спецификации модели или измерение компонентных переменных также могут приводить к увеличению мер неэффективности. Но стохастическая граница помещает всю совокупность стохастических элементов, которые могут войти в модель вне контроля фирмы. Благодаря этой привлекательной функции наряду с внутренней согласованностью и простотой реализации стохастическая граница рассматривается как стандартная и наиболее широко используемая эконометрическая методика для анализа эффективности.[[31]](#footnote-31)

# **ГЛАВА 3. Инструментарий для оценки пропускной способности склада «Гамма» компании «Алерс РУС»**

## **3.1. Постановка задачи**

Для дальнейшей работы был выбран метод анализа стохастической границы. С помощью него возможно выстроить границу производственных возможностей и оценить эффективность каждого элемента исследования. Для оценки пропускной способности склада «Гамма» компании «Алерс РУС» будет использован подход бенчмаркинга, то есть сравнение результатов деятельности отдельных единиц анализа между собой.

В рамках бенчмаркинга будут определены «лучшие практики». Для анализа были выбраны 61 день на протяжении двух месяцев ноября и октября. Данный период был выбран не случайно, а обоснован экспертной оценкой руководителей складского комплекса: во время данного периода наиболее часто они сталкивались с давлением со стороны коммерческого отдела. В эти два месяца возникали заторы и узкие места на всех операционных зонах. Связано это было с нескольким причинами, которые были выявлены уже позже. Во-первых, это особенность заключенных с ключевыми клиентами контрактов, которые подразумевают абсолютную гибкость компании к запросам клиентов. В рамках установленных контрактов «Алерс» берет на себя обязанность удовлетворять любые объёмы и в любое время обрабатывать заказы. Например, компания «Bonduel» имеет право сообщать об отправке груза в день приемки, таким образом отдел планирования не может выдавать релевантные планы даже на 1 смену, как правило, план меняется несколько раз в день. Во-вторых, основной компетенцией, которая обеспечивает конкурентное преимущество компании «Алерс» является исполнение любых пожеланий клиента на запрос дополнительного сервиса, то есть не только услуг по хранению продукции. Компания готова реализовать все виды таких дополнительных услуг VAS (Value Added Services), таких как поллитровка, переупаковка, стикеровка, вкладывание специальные маркетинговых вкладышей, тест на качество, оформление сборных паллет и так далее. И каждый раз исполнение данных дополнительных сервисов является фактором неопределённости. Так, например, заказ может прийти на обработку-стикеровку одного метра кубического, но в одном случае это будет 2 стикера на 2 коробки, но крупногабаритные, а в другом случае это будет 200 не больших коробочек, каждую из которых необходимо будет простикеровать, дополнительно придеться паллету разобрать на пол, чтобы добраться до центральных коробок на паллете. Метод SFA как раз будет оценивать «операционный шум», который является неопределенностью такого рода операций[[32]](#footnote-32). В-третьих, ограничение операционной зоны накладывает двойную нагрузку на бригадиров и работников отдела планирования. Хоть на объекте и активно используют систему WMS и RFID, но из-за отсутствия релевантного плана и по причине того, что программное обеспечение не знает размеров и возможностей операционной зоны, то как правило для осуществление исполнения заказов используются любые свободные площади в пределах склада, вплоть до проходов. В результате операционная зона становится основным узким местом на складе, так как от скорости обработки заказов в операционной зоне зависит скорость протекание всех других процессов и операций, как предшествующих обработке заказа, так и поcследующих.

## **3.2. Построение модели SFA**

Для построения модели для исследуемого случая была выбрана стандартная производственная функция Кобба-Дугласа:

(5)

Где,

–объём исполненных заказов в i-ый день;

– вектор факторов выпуска и объёма используемых ресурсов размера kx1;

β – вектор неизвестных параметров;

– случайная величина, ошибка, с нормальным распределением iid N (0, σ2v);

–неотрицательная случайная величина, характеризующая неэффективность.

Важным элементом данной модели является оценка ненаблюдаемой величины . Учет данного значения ненаблюдаемого «операционного шума» является основным преимуществом модели SFA перед DEA в рамках данной работы. Анализ случайной ошибки производится стандартным способом. Помимо традиционной ошибки, связанной с оценкой переменных также необходимо, чтобы существовала величина, которая будет отвечать за различные подходы использования ресурсов внутри компании. Необходимо отметить, что компонент, отвечающий за неэффективность, имеет отрицательный знак, так как для каждого набора факторов производства исполнение заказов уменьшается на некоторое значение из-за неэффективного использования ресурсов. Другими словами, в контексте данного проекта ненаблюдаемая величина – это «шум», который описывает неопределённость комплексности заказов и частоты их появления. Чтобы корректно ее оценить и учесть в работе необходимо вычислить математическое ожидание , распределенной на наблюдаемых величинах. Реализация оценки технической эффективности основана на предложенных в работах Jondrow et al [[33]](#footnote-33)(1982) и Battese and Coelli[[34]](#footnote-34) (1988) алгоритмах. В первую очередь, необходимо стандартную форму производственной функции Кобба-Дугласа преобразовать в логарифмический вид с учетом построения модели стохастической производственной границы с результато-центричной технической неэффективностью, в результате будет получена следующая модель:

(6)

(7)

Где,

i-это единица наблюдения( фирма, объект, день и так далее)

- это скалярное значение результативности

- это вектор переменных факторов производства с размерностью 1\*K

- это вектор корреспондирующих коэффициентов с размерностью 1\*K

- это случайная ошибка

- это производственная неэффективность

Равенство (6) определяет функцию стохастической производственной границы. Вставив значение переменных, функция принимает максимальный уровень результативности и это будет являться стохастической величиной из-за учета значений случайной ошибки . Предположив, что больше или равно нуля получаемый результат (), будет располагаться ниже производственной границы при максимальном уровне( ).

Для разделения между собой технической неэффективности и случайной ошибки формулу удобно записывать в следующем виде:

(8)

(9)

Основную логику вычислений описывает логарифмическая разница между максимальным возможным выпуском и фактическим результатом. Это описывает формула:

(10)

Поэтому \*100% - это процент на который фактическая производительность может быль увеличена, при том же наборе вводных факторов производства. Другими словами \*100% показывает процент, который был потерян из-за технической неэффективности. Преобразовав формулу (4), получаем :

(11)

Таким образом, показывает соотношение фактического выпуска к максимально возможному выпуску. Данное соотношение показывает техническую неэффективность i-ого объекта. Так как , значение данного отношения находится в промежутке между 0 и 1, если значение равно 1, то это означает полную техническую эффективность объекта. Эффективность измеряется показателем , а техническая неэффективность измеряется показателем .

Для проведения анализа с помощью производственной функции были выбраны следующие переменные или факторы производства: количество трудо-часов в день; количество пришедших заказов в день; количество машино-часов техники в день; количество паллет на стеллажах на конкретную дату и количество паллет в операционной зоне на определённую дату. Зависимой величиной или результатом деятельности будет считаться количество исполненных заказов.

Человеческий капитал является одним из наиболее важных факторов производства на складе «Гамма», так как именно люди обеспечивают возможность реализации основной компетенции по удовлетворению любых запросов клиентов. Политика компании по формированию дневной смены строится на основе краткосрочного планирования на неделю, где планер расписывает сколько человек потребует для конкретного дня. Далее бригадиры смен формирует свою смену из двух источников персонала. Первый это штатные сотрудники, которые обязаны выходить в смену по расписанию и предполагают исполнения деятельности склада при нормативных загрузках. В случае отклонения загрузки от нормативных и понимании риска неисполнения обязательств бригадир имеет право привлечь работников из сторонней организации. Компания «Алерс» сотрудничает с рекрутинговым агентством «Адэкко», которая может предоставить специалистов на любые позиции: от водителя узкопроходного штабелера до работника по комплектации заказа. Таким образом, смена формируется из штатных сотрудников и дополнительно привлечённого персонала из агентства по подбору персонала согласно краткосрочному планированию. Для построения модели были собраны первичные данные по суммарному количеству трудо-часов выделенных в i-ый день на протяжении 61 дня и выражены в часах. Источником послужил электронный журнал смен, который ежедневно заполняется координатором. (Данные представлены в Таблице № 4).

Таб 4 Суммарное количество трудочасов за период времени октябрь-ноябрь (в часах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 222 | 279 | 296 | 393 | 501 | 347 | 442 | 227 | 285 | 298 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 302 | 277 | 390 | 403 | 477 | 313 | 468 | 357 | 386 | 406 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 367 | 292 | 398 | 328 | 344 | 309 | 284 | 472 | 277 | 264 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 576 | 480 | 447 | 372 | 200 | 423 | 328 | 260 | 369 | 350 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 452 | 338 | 263 | 331 | 298 | 340 | 372 | 285 | 268 | 365 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 286 | 361 | 230 | 411 | 476 | 315 | 481 | 305 | 505 | 632 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 356 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

Основной фактор, который определяет общую операционную загруженность склада «Гамма» - это количество поступивших заказов в i-ый день. Так как компания заключает контракты с ключевыми клиентами с основным расчётным показателем не в штуках отдельного SKU, а в метрах кубических, поэтому и во внутренней системе ERP все меры и счета идут в метрике метров кубических. В итоге дынные были выкачены из локальной WMS системы по трем ключевым клиентам и взяты суммарные показатели в метрах кубических так как неопределенность сложности заказа идентичен для каждого клиента и будут учтены в ненаблюдаемой величине. (Обобщенные данные представлены в Таблице № 5).

Таб 5 Суммарное количество поступивших заказов за октябрь-ноябрь в ()

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 829 | 1647 | 1377 | 1323 | 1365 | 1073 | 1015 | 818 | 929 | 1219 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 564 | 659 | 1360 | 1329 | 1181 | 1287 | 1382 | 1207 | 1426 | 1492 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 772 | 872 | 1208 | 1390 | 1313 | 1232 | 1573 | 1341 | 1156 | 1561 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 1059 | 1683 | 1103 | 1323 | 1215 | 1317 | 1548 | 920 | 1073 | 1193 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 1355 | 1290 | 1023 | 1006 | 970 | 1199 | 762 | 1186 | 1260 | 1093 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 1317 | 799 | 944 | 802 | 655 | 968 | 607 | 1285 | 1150 | 1111 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1175 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

Вся цепочка создания ценности путем дополнительных манипуляций с начальным продуктом сопряжена с деятельности складской техники. Все заказы поступают на склад на паллетах, поэтому независимо от объёма единиц продукции техника должна перевозить и складировать поступившую продукцию на стеллажи, затем при обработке заказов снимать продукцию со стеллажей и отвозить ее в операционную зону и к паллетайзеру, и в конце обработанную паллету необходимо переместить в зону отгрузки и загрузить все в машину для дальнейшей транспортировки. Для анализа будет взят суммарный проезд машино-часов всей техники, это обуславливается тем, что каждый вид погрузочно-разгрузочной техники в одинаковом объёме используется для исполнения одного заказа. Данные по мото-часам фиксируются WMS системой относительно каждой единицы техники. Данные были собраны и агрегированы в суммарный показатель в часах по i-ому дню. (Информация представлена в Таблице № 6).

Таб 6 Суммарное количество моточасов за период октябрь-ноябрь (в часах)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 222 | 279 | 296 | 393 | 501 | 347 | 442 | 227 | 285 | 298 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 302 | 277 | 390 | 403 | 477 | 313 | 468 | 357 | 386 | 406 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 367 | 292 | 398 | 328 | 344 | 309 | 284 | 472 | 277 | 264 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 576 | 480 | 447 | 372 | 200 | 423 | 328 | 260 | 369 | 350 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 452 | 338 | 263 | 331 | 298 | 340 | 372 | 285 | 268 | 365 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 286 | 361 | 230 | 411 | 476 | 315 | 481 | 305 | 505 | 632 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 356 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

Количество паллет на стеллажах напрямую описывают мощности склада по функции хранения и потенциально служат причиной возникновения исполнения заказов, так как по сути это не только плановый, но и страховой запас клиентов. Также показатель загруженности зоны хранения мотивирует коммерческий отдел увеличивать этот показатель до наибольших показателей. Данный показатель будет представлен в виде количества кубометров в сумме на складе «Гамма» в i-ый день. Этот показатель будет учитываться в математической модели, так как он может косвенно влиять на количество поступивших заказов в день. Также связь с клиентами налажена через EDI систему, в основу которой заложена идея обмена данными между поставщиком и компанией для более успешного планирования и взаимного сотрудничества. Если рассматривать модель обмена данных «Алерс» - «Клиент» через EDI, то клиент может видеть актуальный онлайн запас своей продукции на складе и размещать заказ на обработку, отгрузку или приемку груза. А «Алерс» в свою очередь обязана исполнить поступившие заказы. (Суммарные показатели загруженности стеллажей на скале «Гамма» представлены в Таблице №7).

Таб 7 Суммарное количество продукции на стеллажах октябрь-ноябрь (в )

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 16751 | 16768 | 17087 | 17558.5 | 17741.5 | 17726.5 | 17690.5 | 17588.5 | 17886.5 | 18114.5 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 18823 | 18688 | 18921 | 18850.5 | 18894.5 | 18811.5 | 18779.5 | 19224.5 | 19643 | 19886.5 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 19694 | 19474 | 18095 | 18030 | 18074.5 | 18239 | 18534 | 18966 | 19051 | 18872 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 19175 | 18094.5 | 18256.5 | 18267 | 18345 | 18299 | 18293.5 | 18108 | 18005 | 18378 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 18663.5 | 19389 | 19368 | 19056 | 18958 | 19060 | 19140.5 | 18878 | 18278.5 | 18079 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 18167 | 18352 | 18379.5 | 18523.5 | 18388.5 | 17919 | 17421 | 17222 | 17549.5 | 17655 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17321 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

Количество паллет в операционной зоне демонстрирует физический процесс обработки заказа, так как именно здесь возникает узкое место всего операционного процесса. Именно в эту зону стекаются все заказы и паллеты, и именно эту зону старается «вытягивать» зона отгрузки. И все выше описанные ресурсы так или иначе обсуживают ее деятельность. Зона сборки заказа ограничена площадью в 2590 метров квадратных. Данный фактор производства будет учтен в модели как суммарный поток паллет через операционную зону в день. В анализе не будет учитываться измерение общей занимаемой площади в день, потому что каждый заказ индивидуален и динамичен с точки зрения исполнения. Например, если на паллете 200 утюгов и каждую коробку необходимо простикеровать рекламным стикер, то необходима будет дополнительная площадь, помимо площади самой паллеты, для обхода вокруг нее работника и снятия верхних рядов на пол. (В итоге данный фактор представлен суммарным потоком кубометров заказов через операционную зону в i-ый день в

Таблице № 8).

Таб 8 Суммарное количество продукции в операционной зоне за октябрь-ноябрь ( в )

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 523.5 | 372.5 | 270 | 494 | 691 | 380 | 808 | 772 | 417 | 540.5 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 210.5 | 398.5 | 398.5 | 973.5 | 808.5 | 801.5 | 420.5 | 543.5 | 518.5 | 472.5 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 902.5 | 967.5 | 595.5 | 775.5 | 443.5 | 462.5 | 601.5 | 802.5 | 862.5 | 420.5 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 560 | 964 | 626 | 583 | 514 | 786 | 767 | 1006 | 644 | 719.5 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 778 | 871.5 | 1163 | 938 | 704.5 | 951.5 | 869.5 | 689 | 1080 | 1055 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 897 | 749 | 906 | 673.5 | 636 | 984 | 1114 | 916 | 831 | 1006 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 959 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

Так как данная модель является результато- ориентированной, то необходимо выделить один результирующий показатель, который описывает производственный процесс использования всех факторов производства. Для математической модели это будет объём исполненных заказов в метрах кубических в i-ый день. (Данные представлены в Таблице № 9).

Таб 9 Суммарное количество исполненных заказов за октябрь-ноябрь (в )

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 829 | 1432 | 1337 | 1150 | 1365 | 1073 | 985 | 818 | 808 | 1219 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 527 | 640 | 1360 | 1208 | 1027 | 1287 | 1382 | 1183 | 1384 | 1492 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 671 | 847 | 1208 | 1390 | 1275 | 1232 | 1527 | 1166 | 1156 | 1516 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 1028 | 1573 | 1103 | 1236 | 972 | 1145 | 1290 | 868 | 1073 | 1125 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 1278 | 1075 | 1023 | 949 | 970 | 1043 | 762 | 1031 | 1050 | 950 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 1242 | 799 | 944 | 757 | 655 | 807 | 528 | 1260 | 1127 | 1111 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1175 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

В итоге, нами были выбраны следующие показатели для проведения анализа производственной функции:

* Outputs, общие объемы реализованных заказов в день, измеренные в метрах кубических;
* Labor, общее количество трудо-часов затраченные в день, измеренные в часах;
* Machines, общее количество машиночасов, затраченные всей работающей техникой за один день, измеренные в часах;
* Warehouse, общее количество запасов продукции на стеллажах, измеренные в метрах кубических;
* Operation zone, общее количество продукции, поступившее в операционную зону за день, измеренные в метрах кубических;
* Orders, общее количество поступивших на обработку заказов в день, измеренные в метрах кубических.

В качестве зависимой переменной было выбрано количество исполненных заказов. Объясняющими переменными являются затраты на человеческие ресурсы, затраты на использование складской техники, объемы размещеные на стеллажах, количество прошедшей через склад продукции через склад и объемы поступивших закзов. Чем выше размер вводных ресурсов, которые может себе позволить компания, тем выше ее уровень обработаных заказов и следовательно большее количество клиентов может быть привлечено.

Для расчетов была использована логарифмичсеская форма производственной функции. С учетом выделенных выше факторов производства она выглядит следующим образом: [[35]](#footnote-35)

(12)

Для проведения расчета эффективности в данном исследовании использовалась команда FRONTIER в пакете Stata/SE 10.0[[36]](#footnote-36), в которой реализуется методология Battese и Coelli (1988). Анализ проводился в предположении, что распределено iid N (0, σ2u). Для производтсвенной функции значения оценок эффективности будут больше 1. Рабочему дню, действующего эффективно, будет соответствовать 1. Однако для упрощения анализа результатов была применена нормировка оценок технической эффективности SCORE, для того, чтобы оценки эффективности находились в интервале от 0 до 1, тогда эффективный день бедет равен единице.

## **3.3. Результаты исследования**

Анализ эффективности был проведен с помощью двух моделей. Первая модель - это оценка производтсвенной грнациы с помощью метода наименьших квадратов (COLS) впервые сформулированная Винстеном (1957).[[37]](#footnote-37) А второй метод СMAD. Обе модели являются регрессиоными. Основная разница между OLS и MAD регрессией - это то что MAD регрессия проходит через медианные значения выборки, в то время как OLS регрессия проходит через исходные значения вводных данных. Ниже будут представленны результаты, полученые с помощью пограмного обепечения Stata/SE 10.0, для обеих моделей.

**Модель 1. COLS**

Ниже представленны основные расчеты по оценке модели COLS:





Рис 3 COLS модель

Как было сказано ранее, в модели наименьших квадратов коэффициенты Labor, Machines, Warehouse, OperZone и Orders являются влияющими на производственную границу, в то время как константа не может влиять на показатели. ­­

Продолжение оценки по модели COLS предствалено добавлением измерения эффективности каждого отдельно взятого дня. Ниже представлена общая статистика по эффективности. И сводная гистограмма с плотностью распределения оценок.



Рис 4 Эффективность по модели COLS

Средняя эффективность составила 0.92. Стандартное отклонение составило 0.05 при этом эффективность варьируется от 0.79 до 1.

****

Рис. 5 Гистограмма эффективности по модели OLS

Из гистограммы следует, что наиболее часто оценка эффективности объектов анализа принимала значение 0.87 ; 0.97 и 1.

**2 модель. CMAD**

Ниже представленны основные расчеты по оценке модели CMAD:

****

****

Рис 7 CMAD модель



Рис. 8 Эффективность по моделям COLS и CMAD

Так как первая модель является детермированной, а вторая стохастической, то основные выводы и рекомендации будут описаны по модели CMAD. Построенная регрессионная модель вида MAD. Согласно F-критерию является значимой при уровне значимости 0,05. Кроме того, значение скорректированного R-квадрат говорит о высоком качестве модели, поскольку вариация выбранных факторов на 74% объясняет вариацию зависимой переменной Output. Однако, значимость коэффициентов регрессии не подтвердилась, только коэффициенты у Warehouse и Orders значимы.

(Ниже в Таблице № 10 представлены результаты оценки эффективности каждого отдельного дня по модели CMAD).

Таб 10 Эффективность отдельных дней по модели CMAD

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| 0.96 | 0.84 | 0.90 | 0.84 | 0.97 | 0.95 | 0.94 | 0.98 | 0.83 | 0.98 |
| **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
| 0.87 | 0.94 | 0.97 | 0.92 | 0.86 | 1.00 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 1.00 |
| **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| 0.86 | 0.97 | 0.96 | 0.98 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 0.86 | 0.99 | 0.94 |
| **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** | **39** | **40** |
| 0.94 | 0.94 | 0.97 | 0.91 | 0.78 | 0.86 | 0.82 | 0.93 | 0.96 | 0.93 |
| **41** | **42** | **43** | **44** | **45** | **46** | **47** | **48** | **49** | **50** |
| 0.94 | 0.83 | 1.00 | 0.94 | 0.97 | 0.86 | 0.98 | 0.85 | 0.83 | 0.85 |
| **51** | **52** | **53** | **54** | **55** | **56** | **57** | **58** | **59** | **60** |
| 0.94 | 0.96 | 0.98 | 0.90 | 0.94 | 0.82 | 0.82 | 0.96 | 0.95 | 0.96 |
| **61** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.97 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Источник: Составлено автором

Теперь приходим к анализу результатов вычислений. Наименьшим значением эффективности является (0,78) максимальным (1). Среднее значение равно (0,92).

Это означает, что в среднем в 92 процентах дней складской комплект «Гамма» достигал максимальной своей производительности. Необходимо отметить, что индекс максимальной эффективности равен 1, который подтверждается построением модели. Наименьшая оценка это 78 процентов от возможного результата. Ниже также представлена гистограмма плотности распределения оценок эффективности.

(Рисунок № 9).



Рис. 9 Гистограммы эффективности по моделям COLS и CMAD

Согласно графику плотности на гистограмме модели CMAD видно, что значения эффективности разбросаны не равномерно в диапазоне от 0,72 до 1. Навившая плотность в значении 0,92. Ниже представлен График №1 с изображением распределения эффективности относительно отдельных дней:

Граф. 1 Распределение эффективности по дням

Из графика следует, что дни 15,20,31,43 имели наибольшую эффективность. Это было связано c тем, что в эти дни все факторы производства были использованы максимально оптимально. А дни 2,6,35,49 были с наименьшей эффективность. Теперь предстоит разобраться с причинами возникновения данных показателей. При выводах необходимо учесть, что модель SFA учитывает, как случайную ошибку, так и техническую неэффективность, которая описывает «операционных шум» или в случае компании «Алерс» это неопределённость сложности исполнения конкретного заказа.

Одними из наиболее важных показателей, получившихся при построении стохастической границы производства это бета-коэффициенты, описывающие влияние каждого фактора на производительность единицы измерения. И именно они делают модель устойчивой. Значения знака определяет направление его влияния. Если знак положительный, то данный фактор увеличивает значение результатов его необходимо по возможности увеличивать. Если знак при бета-коэффициенте отрицательный, то это означает что данный фактор или ресурс производства необходимо увеличить или модернизировать. Другими словами, данный фактор находится в недостатке и из-за него возникает уменьшение производительности.

Таким образом, согласно модели, факторы производства трудочасы «Labor» и количество поступивших заказов «Order» имеют положительное значение бета-коэффициента, это означает что они положительно влияют на результативность деятельности склада «Гамма». В то время как факторы мото-часы «Machines», количество продукции на стеллажах «Warehouse» и количество продукции, прошедшей через операционную зону «OperZone» имеют отрицательное значение бета-коэффициента. Это означает, что данные ресурсы необходимо увеличить для увеличения эффективности. При этом стоит отметить то, что наиболее значимым фактором является количество поступивших заказов. Следовательно, при управлении процессами необходимо уделить внимание сглаживанию планирования производства и условия контрактов с клиентами. Также не столь значительный минус у беты фактора мото-часов, это значит, что нынешнее количество техники и ее прогон удовлетворяют потребностям спроса не нее.

**Разработанный инструментарий для оценки пропускной способности склада**

Основным результатом работы является разработанный инструмент для расчета максимальной мощности склада «Гамма» или его пропускной способности. Для этого изначально был выбран метод оценки SFA, чтобы построить границу производственных возможностей. Данная функция помогает произвести расчеты пропускной способности склада. Чтобы получить релевантное значение y\* (максимальная пропускная способность) необходимо подставить максимальные значения всех факторов производства, при их ограничениях в модель. Для этого необходимо учесть логарифмический вид уравнения и значения бета-коэффициентов и получить максимальное возможное значение y\*. Фактические значения факторов производства в релевантном измерении выглядят следующим образом. Максимальное количество трудо- часов в день равняется 600 часов в день с учетом штата и внешне привлечённого персонала. Вся техника максимально может проезжать 700 часов в день с учетом подзарядки аккумуляторов. Стеллажи могут вмещать в себя 25000 метров кубических, данный фактор ограничен фактическим количеством стеллажей и количеством установленных ярусов, и возможностями погрузчиков. Операционная зона ограниченна еще и площадью, таким образом максимальное ее значение 2000 метров кубических. Объём поступивших заказов ограничен условиями контрактов. Для расчетов было взято значение, когда эффективность была максимальной, следовательно, это 1590 метров кубических. Таким образом, получается выражение:

(13)

В краткой форме его записать так:

(14)

Преобразовав его в экспонентный вид можно получить окончательный результат:

(15)

В итоге 2007, 642 метров кубических - это пропускная способность слада при текущем наборе ресурсов, оценённая методом анализ стохастической границы. В оценку была включена историческая сводка данных, а также проведена корректировка на случайную ошибку и техническую неэффективность, при этом все 3 величины независимы между собой. В роли инструмента расчета был использован пакет программы Stata/SE 10. Данный инструмент может быль легко использован работниками компании в любое время для оценки своих мощнотей. Для этого необходимо подствать фактические значаения каждого из 5 факторов производства на конкретную дату в уравнение регрессии и получать максимальное значение в конкретный день. Для улучшения эффективности производтсва должны произойти изменеия, которые смогут повлиять на значения бета-коэффициентов. Основные выводы и рекомендации для компании «Алерс» будут представленны в следующнй части.

## **3.5. Рекомендации**

Согласно проведенному исследованию по складу «Гамма» компании «Алерс РУС» можно привести следующие рекомендации по двум основным направлениям. Первый блок относится к преимуществам использования разработанного инструмента, относящимся к текущему положению дел. То есть та работа которую можно провести, с помощью данного инструмента, чтобы улучшить эффективность деятельности, располагая текущими ресурсами, без крупных изменений и модернизации. Второй блок рекомендаций представляет собой долгосрочные рекомендации для структурных изменений, которые должны привести к увеличению пропускной способности склада «Гамма». Другими словами, краткосрочные рекомендации направленны на правильный расчет пропускной способности при текущих ресурсах. А долгосрочные рекомендации направлены на изменение значений отрицательных бета-коэффициентов в стохастической модели, то есть значимые структурные изменения в процессах компании.

### **Преимущества использования инструмента**

1. Использовать разработанный инструмент для оценки пропускной способности склада «Гамма». При этом оценку можно проводить на регулярной основе, чтобы можно было сглаживать планы производства и предоставления услуг. Данная методология упростит задачу сотрудников в отношении аргументации пропускной способности склада на текущий момент. Для этого необходимо собрать релевантную информацию из информационных систем, установленных в организации, затем вставить ее в построенную модель и получить пропускную способность при фактическом наборе факторов производства. Также данный метод можно применить и к другим объектам организации, например, складам «Альфа» и «Бета». В перспективе модель может быть усовершенствована добавлением дополнительных факторов производства.
2. В перспективе модель может быть усовершенствована добавлением дополнительных факторов производства. Например, для улучшения работы с ключевыми клиентами необходимо пересмотреть контракты на предмет коэффициента сложности исполнения заказа и добавляющих стоимость услуг. Таким образом компания сможет более корректно выставлять стоимость услуг клиентам. Так как в настоящие время компания рассчитывает стоимость исходя на один метр кубический. С добавлением коэффициента сложности обработка метра кубического различной продукции будет стоить по-разному. Также данный фактор дополнит модель и можно будет проанализировать зависимость между сложностью заказа и количеством исполненных заказов.
3. Для анализа сложности заказа также можно воспользоваться разработанным инструментом. Так как математическая модель описывает неэффективность с помощью показателя ε, то именно этот показатель и описывает неэффективность, вызванную сложностью заказа. Поэтому компания может взять исторические данные и проанализировать их с помощью модели. В результате будут получены значения неэффективности из-за сложности в конкретный период времени. Далее необходимо будет соотнести значения неэффективности и условий фактических заказов за этот период времени, выявить тренды по специфике заказов и присвоить соответствующие коэффициенты сложности.
4. Для увеличения пропускной способности склада необходимо также пересмотреть условия контрактов с клиентами на предмет установления срока размещения заказа, чтобы производственный план был стабильный на протяжении трех дней. Это даст возможность отделу планирования построить план, при котором не будет возникать узких мест в операционной зоне и заранее будет запланировано необходимое количество ресурсов для исполнения обязательств.

### **3.5.2 Рекомендации**

1. Компания вкладывает крупные инвестиции в инновационные технологии и стремится к цифровой революции 4.0. В частности, на складском комплексе применяется собственной разработки WMS системы (warehouse management system), которая описывает и учитывает все физические потоки на складе. Однако при этом, данная система не учитывает ограничения на операционную зону, где и возникает большинство заторов физического потока, и как следствие неисполнение заказов и потеря эффективности. Поэтому необходимо разработать дополнительный блок внутри данной системы, с помощью которого программа сможет более оптимально выстраивать планы операционной деятельности внутри склада. Для этого необходимо замерить возможности операционной зоны: площадь, высота, количество паллет помещающихся в ряд. А также добавив сюда показатель сложности заказа, который будет определять сколько места необходимо для обработки паллеты данного вида.
2. Так как остальные факторы имеют положительные значения или не столь большие отрицательные значения коэффициента-бета, то необходимо увеличить масштаб операционной зоны. Поэтому часть неиспользуемых мощностей в зоне хранения можно перевести в операционную зону, что позволит увеличить пропускную способность и избежать возникновения ситуаций, когда сборка заказа ведется в зоне отгрузки.
3. Прописать процедуры для сотрудников, согласно которым категорически нельзя производить сборку заказа в местах неотведенных для этого. То есть около паллетайзеров, в проходах для техники и персонала, в зонах отгрузки и погрузки. Тогда можно будет достичь положительный эффект от использования электронных технологий, уменьшить риски брака и порчи продукции, а также полностью реализовать концепцию 5S. Если все операционные процессы по формированию заказа будут проводиться только в операционной зоне, то не возникнет очередей на отгрузки, и компания сможет гибко регулировать свои планы производства.

## **Выводы по главе 3**

В 3 главе для разработки инструментария расчета пропускной способности склада «Гамма» был применен метод анализа стохастической границы. В основу расчетов легла производственная функция Кобба-Дугласа. Для построения модели были вычислены переменные элементы, которые являются факторами производства и влияют на объем обработанных заказов. В математическую модель вошли пять основных факторов производства: суммарное количество трудочасов за один день; суммарное количество моточасов, прокатанные разрузочно-погрузочной техникой за один день; суммарное количество метров кубических хранимой продукции на стеллажах на определенную дату; суммарное количество метров кубических продукции, прошедших через операционную зону и количество поступивших заказов на определённый день. Количество исполненных заказов является зависимой величиной. С помощью программного обеспечения Stata/SE 10.0 была построенна модель в логарифмической форме по двум регрессионым методам COLS и CMAD. В результате была получена математическая модель, которая дает возможность расчитать максиальную пропускную способность скалада. Также с помощью данного инструмента была проведена оценка эффективности каждого отдельного для за наблюдаемый период и сделаны выводы по причинам их возникновения. По результатам проведеного исследования были сформулированы рекомендации для компании.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Данная работа является консультационным проектом по компании «Алерс РУС», международному провайдеру логистических услуг. Цель данной работы заключается в проведении оценки пропускной способности склада «Гамма» - одного из объектов компании «Алерс РУС». Актуальность проекта заключается в потребности операционного отдела в оценке своих производственных возможностей для улучшения выстраивания отношений с клиентами, а также необходимости разработки инструментария контроля пропускной способности склада.

Для достижения цели данной работы был реализован ряд задач. Во-первых, был проведен анализ текущей операционной деятельности склада «Гамма», изучены основные ресурсы и виды операций, протекающих на складе на ежедневной основе. Во-вторых, в рамках проблематики данной работы был проведен анализ научной литературы. По итогам изучения литературы выбранный подход, вошедший в разработку инструментария оценки пропускной способности склада, описан теорией бережливого производства и в частности бережливого склада. Данная теория предлагает использовать методы оценки эффективности для выявления возможностей для улучшения показателей производительности организации. На основе поведенного анализа было выявлено, что анализ стохастической границы (SFA) является наиболее подходящим подходом к оценке эффективности деятельности конкретного объекта. В-третьих, для применения метода SFA были выбраны основные факторы производства и произведен сбор исторической информации по ним за определённый период времени. В-четвертых, по совокупности предыдущих этапов была построена регрессионная модель и произведены расчеты технической неэффективности с помощью программного обеспечения Stata/SE 10.0.

В результате построенная регрессионная модель является инструментом для оценки пропускной способности склада и с ее помощью была измерена максимальная возможная пропускная способность склада «Гамма» при текущих ограничениях на факторы производства. Для компании были приведены аргументы преимущества использования данного инструмента и инструкция для его применения. А также сформулированы основные рекомендации для компании «Алерс РУС». Во-первых, компании необходимо разработать дополнительный информационный блок к внутренней системе WMS по учету возможностей операционной зоны, для оптимизации физического потока внутри склада и минимизации риска возникновения заторов. Во-вторых, компании следует увеличить операционную зону, так как именно данных фактор производства имеет наибольшее влияние на эффективность, за счет сокращения зоны хранения. Это позволит компании сбалансировать возможности по пропускной способности и поступающим заказам. В-третьих, сотрудникам компании следует обновить процедуры по правилам работы сотрудников на складском комплексе. И ввести запрет на проведение операций по сбору заказа вне операционной зоны. Это условие позволит избежать дополнительного риска брака и уменьшить очередь к зоне отгрузки.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Алерс в России // Ahlers URL: https://www.ahlers.com/regions-countries/russia-central-asia (дата обращения: 16.12.2017);

История компании // Ahlers URL: https://www.ahlers.com/about-ahlers/our-company/yesterday\_23 (дата обращения: 10.12.2017);

Ю.В.Федотов. 2012. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных). Российский журнал менеджмента 10 (2): 51-62;

A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousingperformance // Taylor&Francis URL: http://proxy.library.spbu.ru:2354/doi/full/10.1080/16258312.2017.129346 (дата обращения: 07.01.2018);

Ali Emrouznejad and Victor Podinovski (2004).Data envelopment analysis and performance management. Warwick print, Coventry. Page 9.http://deazone.com/en/deabook-deabook2004;

1. Bartholomew 2018 Bartholomew, D., 2008 “Putting Lean Principles in the Warehouse”. Lean Enterprise;

Battese G.E., T.J. Coelli (1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with generalized frontier production function and panel data. Journal of Econometrics, Vol. 38, pp. 387-399;

Battese, G. and Coelli, T. (1995), “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”, Empirical Economics, Vol. 20 No. 2, pp. 325-332;

Behrouzi, F., and W. Kuan Yew, 2011 “Lean performance evaluation of manufacturing systems: a dynamic and innovative approach”, Procedia computer science**)**;

1. Bhaumik, S.K. , Das, P.K. and Kumbhakar, S.C. (2012), “A stochastic frontier approach to modelling financial constraints in firms: an application to India”, Journal of Banking & Finance, Vol. 36 No. 5, pp. 1311-1319;

Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). Benchamrking with DEA, SFA and R. Springer Science & Business Media;

Brian S. Everitt, Sophia Rabe-Hesketh Handbook of Statistical Analyses Using Stata, Fourth Edition. CRC Press, 2006;

Chen, W. C. and McGinnis, L. F., “Reconciling Ratio Analysis and DEA as Performance Assessment Tools,” European Journal of Operational Research, 178, 277–291 (2007);

Dehdari, P. (2013). Measuring the Impact of Techniques on Performance Indicators in Logistics Operations, Ph.D thesis, Karlsruher Instituts für Technologie, Karlsruhe;

Dotoli, M., G. Petruzzelli, and B. Turchiano. 2012. “A lean warehousing approach using unified modeling language and value stream mapping: a case study.”9th. International Conference Modeling, Optimization and Simulation. Bordeaux, France;

Farrell, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency," Journal of the Royal Statistical Society, 120, 499-513 (1957);

Haan, de J., Overboom, M., and Naus, F. (2009), Lean Logistics Service Providers: Option or Utopia? Experiences from the Netherlands. The 5th International congress on Logistics and SCM Systems. Seoul;

Jibendu Kumar Mantri (2008).Research methodology on data envelopment analysis (DEA).Universal-Publishers Boca Raton, Florida, USA.Page 15;

Jondrow J., C.A.K. Lovell, I.S. Materov and P.Schmidt (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. Journal of Econometrics, Vol. 19, pp. 233-238;

Kolinski, A. & Sliwczynski, B. (2015). IT support of production efficiency analysis in ecological aspect. In: Golinska P., Kawa A. (eds.), Technology Management for Sustainable Production and Logistics, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, p. 205- 219;

Kumbhakar, S. and Lovell, C. (2003), Stochastic Frontier Analysis, Cambridge University Press, Cambridge;

Mahfouz, A. (2011). An Integrated Framework to Assess ’Leanness’ Performance in Distribution Centres. Ph.D. thesis, Dublin Institute of Technology, Dublin;

Myerson, P. (2012). Lean supply chain and logistics management. McGraw-Hill;

Myerson, P. 2012.Lean Supply Chain and Logistics Management;

Nguyen, G. and Swanson, P. (2009), “Firm characteristics, relative efficiency, and equity returns”, Journal of Financial and Quantitative Analysis, Vol. 44 No. 1, pp. 213-236;

Reichart, A. and Holweg, M. (2007). Lean Distribution: Concepts, Contributions and Conflicts. International Journal of Production Research. 45(16), p. 3699–3722;

Reifschneider, D. and Stevenson, R. (1991), “Systematic departures from the frontier: a framework for the analysis of firm inefficiency”, International Economic Review, Vol. 32 No. 3, pp. 715-723;

Sarma, S. (2008). RFID technology and its application. In S. Miles, S. Sarma, & J. Williams (Eds.), RFID Technology and Applications (pp. 16-32). Cambridge: Cambridge University Press;

Sobanski, E. B. (2009). Assessing Lean Warehousing: Development and validation of a lean assessment tool. Ph.D. thesis, Oklahoma State University, Oklahoma;

Subal C. Kumbhakar, C. A. Knox Lovell Stochastic Frontier Analysis. Cambridge University Press, 2003;

Subal C. Kumbhakar, Hongren Wang, Alan P. Horncastle A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata. Cambridge University Press, 2015. С. 48-72;

1. Surie& Reuter, B. (2015). *Supply Chain Analysis*. In: Stadtler H., Kilger C. & Meyr H. (ed.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, BerlinHeidelberg: Springer-Verlag, pp. 29-54;

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A. and Tanchoco, J. M. A., Facilities Planning, John Wiley & Sons, Inc., New York (2010);

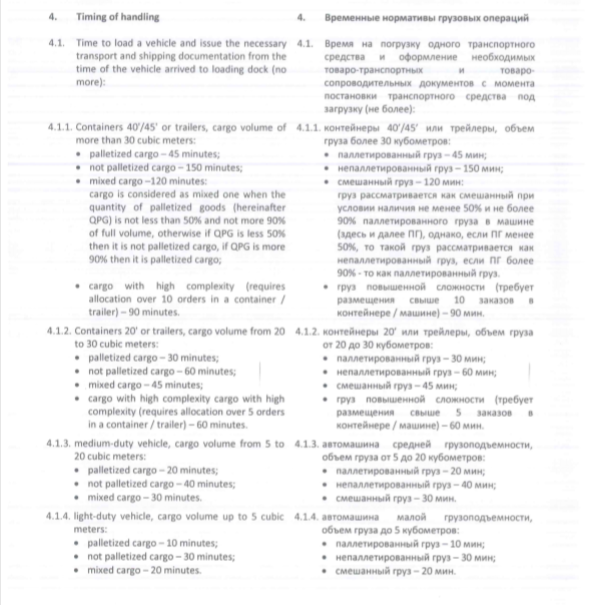
Waters, D. (2002). Operations management: producing goods and services, London: Pearson Education;

William Wager Cooper, Lawrence M. Seiford, Kaoru Tone (2007) Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications. SpringerScience + BusinessMedia, LLC. Page 22;

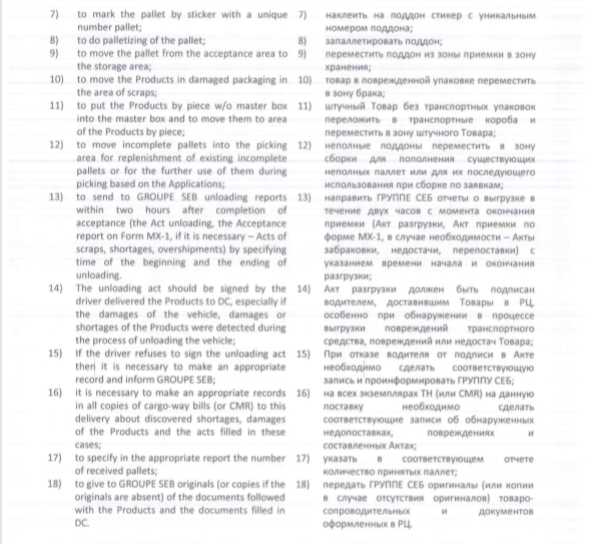
Winsten, C. (1957), “Discussion on Mr. Farrel’s Paper*”, Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, 120, 282-4.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## **Приложение 1. Пример временных нормативов в контракте с клиентом**



## **Приложение 2. Пример условий предоставления услуг в контракте с клиентом**



## **Приложение 3. Программный файл реализации вычислений в пакете Stata/SE 10.0**

1. Сохранить исходные данные в программе stata
2. Command: regress / перечислить все фактора и зависимую переменную
3. Command: predict e, residual / сохранить OLS в переменных через е
4. Command: quietly summarize e / собрать сумарную стаистику без какик-либо результатов.
5. Command: generate double u\_star = - (e – r(max)) / вычислить значения неэффективности
6. Command: generate double eff\_cols = exp(-u\_star) / вчислить индекс технической неэффективности
7. Command: summarize eff\_cols / собрать общую статистику
8. Command: histogram eff\_cols, bin(100) `kden’ saving(eff\_cols) / построить гистограмму плотности распределения оценок эффективности по моделе OLS
9. Command: qreg / перечислить все фактора и зависимую переменную
10. Command: predict e\_cmad, residual / сохранить MAD в переменных через е
11. Command: quietly summarize e\_cmad / собрать сумарную стаистику
12. Command: generate double eta\_star\_q = - (e\_cmad – r(max)) / вычислить значения неэффективности
13. Command: generate double eff\_cmad = exp(-eta\_star\_q) / вчислить индекс технической неэффективности
14. Command: summarize eff\_cmad / собрать общую статистику
15. Command: label variable eff\_cmad “Model 3: CMAD’’/ сохранить показатели эффективности
16. Command: : histogram eff\_cmad, bin(100) `kden’ saving(eff\_cmad) / построить гистограмму плотности распределения оценок эффективности по моделе MAD

1. История компании // Ahlers URL: https://www.ahlers.com/about-ahlers/our-company/yesterday\_23 (дата обращения: 10.12.2017). [↑](#footnote-ref-1)
2. "Алерс в России" // Ahlers URL: https://www.ahlers.com/regions-countries/russia-central-asia (дата обращения: 16.12.2017). [↑](#footnote-ref-2)
3. A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousingperformance,http://proxy.library.spbu.ru:2354/doi/full/10.1080/16258312.2017.129346 [↑](#footnote-ref-3)
4. Myerson, P. 2012.Lean Supply Chain and Logistics Management. [↑](#footnote-ref-4)
5. Sarma, S. (2008). RFID technology and its application. In S. Miles, S. Sarma, & J. Williams (Eds.), RFID Technology and Applications (pp. 16-32). Cambridge: Cambridge University Press. [↑](#footnote-ref-5)
6. Behrouzi, F., and W. Kuan Yew, 2011 “Lean performance evaluation of manufacturing systems: a dynamic and innovative approach”, Procedia computer science**).** [↑](#footnote-ref-6)
7. Bartholomew 2018 Bartholomew, D., 2008 “Putting Lean Principles in the Warehouse”. Lean Enterprise [↑](#footnote-ref-7)
8. Dotoli, M., G. Petruzzelli, and B. Turchiano. 2012. “A lean warehousing approach using unified modeling language and value stream mapping: a case study.”9th. International Conference Modeling, Optimization and Simulation. Bordeaux, France.) [↑](#footnote-ref-8)
9. Waters, D. (2002). Operations management: producing goods and services, London: Pearson Education. [↑](#footnote-ref-9)
10. Surie& Reuter, B. (2015). *Supply Chain Analysis*. In: Stadtler H., Kilger C. & Meyr H. (ed.), *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 29-54. [↑](#footnote-ref-10)
11. Kolinski, A. & Sliwczynski, B. (2015). IT support of production efficiency analysis in ecological aspect. In: Golinska P., Kawa A. (eds.), Technology Management for Sustainable Production and Logistics, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, p. 205- 219. [↑](#footnote-ref-11)
12. Reichart, A. and Holweg, M. (2007). Lean Distribution: Concepts, Contributions and Conflicts. International Journal of Production Research. 45(16), p. 3699–3722 [↑](#footnote-ref-12)
13. Sobanski, E. B. (2009). Assessing Lean Warehousing: Development and validation of a lean assessment tool. Ph.D. thesis, Oklahoma State University, Oklahoma [↑](#footnote-ref-13)
14. Dehdari, P. (2013). Measuring the Impact of Techniques on Performance Indicators in Logistics Operations, Ph.D thesis, Karlsruher Instituts für Technologie, Karlsruhe [↑](#footnote-ref-14)
15. Mahfouz, A. (2011). An Integrated Framework to Assess ’Leanness’ Performance in Distribution Centres. Ph.D. thesis, Dublin Institute of Technology, Dublin [↑](#footnote-ref-15)
16. Myerson, P. (2012). Lean supply chain and logistics management. McGraw-Hill. [↑](#footnote-ref-16)
17. Haan, de J., Overboom, M., and Naus, F. (2009), Lean Logistics Service Providers: Option or Utopia? Experiences from the Netherlands. The 5th International congress on Logistics and SCM Systems. Seoul. [↑](#footnote-ref-17)
18. Farrell M. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistic Society, Vol. 120, pp. 171-188. [↑](#footnote-ref-18)
19. Jibendu Kumar Mantri (2008).Research methodology on data envelopment analysis (DEA).Universal-Publishers Boca Raton, Florida, USA.Page 15. [↑](#footnote-ref-19)
20. Ali Emrouznejad and Victor Podinovski (2004).Data envelopment analysis and performance management. Warwick print, Coventry. Page 9.http://deazone.com/en/deabook-deabook2004. [↑](#footnote-ref-20)
21. Ю.В.Федотов. 2012. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных).Российский журнал менеджмента 10 (2): 51-62. [↑](#footnote-ref-21)
22. William Wager Cooper, Lawrence M. Seiford, Kaoru Tone (2007) Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications. SpringerScience + BusinessMedia, LLC. Page 22. [↑](#footnote-ref-22)
23. Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). Benchamrking with DEA, SFA and R. Springer Science & Business Media. [↑](#footnote-ref-23)
24. Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A. and Tanchoco, J. M. A., Facilities Planning, John Wiley & Sons, Inc., New York (2010). [↑](#footnote-ref-24)
25. Farrell, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency," Journal of the Royal Statistical Society, 120, 499-513 (1957). [↑](#footnote-ref-25)
26. Chen, W. C. and McGinnis, L. F., “Reconciling Ratio Analysis and DEA as Performance Assessment Tools,” European Journal of Operational Research, 178, 277–291 (2007). [↑](#footnote-ref-26)
27. Kumbhakar, S. and Lovell, C. (2003), Stochastic Frontier Analysis, Cambridge University Press, Cambridge. [↑](#footnote-ref-27)
28. Nguyen, G. and Swanson, P. (2009), “Firm characteristics, relative efficiency, and equity returns”, Journal of Financial and Quantitative Analysis, Vol. 44 No. 1, pp. 213-236. [↑](#footnote-ref-28)
29. Reifschneider, D. and Stevenson, R. (1991), “Systematic departures from the frontier: a framework for the analysis of firm inefficiency”, International Economic Review, Vol. 32 No. 3, pp. 715-723. [↑](#footnote-ref-29)
30. Battese, G. and Coelli, T. (1995), “A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data”, Empirical Economics, Vol. 20 No. 2, pp. 325-332. [↑](#footnote-ref-30)
31. Bhaumik, S.K. , Das, P.K. and Kumbhakar, S.C. (2012), “A stochastic frontier approach to modelling financial constraints in firms: an application to India”, Journal of Banking & Finance, Vol. 36 No. 5, pp. 1311-1319. [↑](#footnote-ref-31)
32. Subal C. Kumbhakar, C. A. Knox Lovell Stochastic Frontier Analysis. Cambridge University Press, 2003. С. 151-163. [↑](#footnote-ref-32)
33. Jondrow J., C.A.K. Lovell, I.S. Materov and P.Schmidt (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. Journal of Econometrics, Vol. 19, pp. 233-238 [↑](#footnote-ref-33)
34. Battese G.E., T.J. Coelli (1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with generalized frontier production function and panel data. Journal of Econometrics, Vol. 38, pp. 387-399. [↑](#footnote-ref-34)
35. Subal C. Kumbhakar, Hongren Wang, Alan P. Horncastle A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata. Cambridge University Press, 2015. С. 48-72. [↑](#footnote-ref-35)
36. Brian S. Everitt, Sophia Rabe-Hesketh Handbook of Statistical Analyses Using Stata, Fourth Edition. CRC Press, 2006. [↑](#footnote-ref-36)
37. Winsten, C. (1957), “Discussion on Mr. Farrel’s Paper*”, Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, 120, 282-4. [↑](#footnote-ref-37)