

УДК 004.82 : 629.7.07

## РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ НА НАЗЕМНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА

© 2024 О.Ф. Соколова<sup>1</sup>, Е.Н. Згуральская<sup>1</sup>, А.О. Чернов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия

<sup>2</sup> ООО «Авиакомпания Волга-Днепр», г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 06.06.2024

В статье рассматривается одно из направлений снижения себестоимости грузовых авиаперевозок в сложившихся экономико-политических условиях. На первоначальном этапе производится выбор целевой статьи затрат в рамках концепции бережливого мышления и традиционного варианта классификации расходов грузовых перевозок самолетом, результатом которого является процесс перемещение воздушного судна с/на стоянку в процессе выполнения перевозки. Следующим шагом рассматривается возможность информатизации оценки затрат на этот процесс в конкретных условиях для ускорения выбора оптимального решения. Далее предлагается разработанная онтологическая модель, которая содержит всю информацию о взаимодействии элементов, влияющих на управление затратами необходимыми во время наземного движения самолета в аэропорту (по аэродрому), и позволяет осуществлять выборку оптимума в соответствии с заданными условиями. Результаты запросов к онтологической модели являются вариантами управленческих решений, направленных на снижение затрат в структуре себестоимости грузовых авиационных перевозок.

*Ключевые слова:* грузовые авиаперевозки, затраты, перемещение самолета по земле, онтологическая модель.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-4(3)-370-375

EDN: LZXLWI

### ВВЕДЕНИЕ

Ситуация в мире, возникшая в результате пандемии 2020 года, резко изменила расстановки на рынке транспортных услуг. Резкое сокращение потребителей, а в дальнейшем и усложнение требований по условиям обеспечения социально-физиологической безопасности перевозочного процесса оказало существенное влияние на прибыль всех перевозчиков. В более выигрышном состоянии, при этом, были поставители грузовых перевозок.

Но последующее изменение политической ситуации в мире, введение санкций против Российской Федерации, нанесло новый удар, в результате которого в топ пострадавших вошли российские компании - лидеры международных перевозок.

Все вышеперечисленное заставило вновь обратить внимание на концепцию Lean Thinking – Бережливое мышление. Возникшая на базе производственной системы Toyota (Toyota Production System), превращенная усилиями ряда американских ученых в Lean Production

(Бережливое производство), а затем вышедшая за границы производственных систем, эта концепция определяет своей основной задачей сокращение затрат на процессы, в первую очередь, не добавляющие ценность продукции / услуги в глазах конечного потребителя.

При этом, алгоритм снижения себестоимости будет представлять собой не просто ряд действий для повышения конкурентоспособности предприятия любой отрасли, а буквально путь выживания. Данный алгоритм можно представить следующим образом:

1) составление перечня затрат предприятия / организации на конкретный бизнес-процесс (или на один основной производственный процесс);

2) разделение затрат на создающие и не создающие ценность (в дальнейшем «не создающие ценность» можно в концепции бережливого производства разделить на муду первого и второго рода);

3) разработка вариантов сокращения второй группы затрат;

4) применение всех или оптимальных в заданных условиях вариантов;

5) оценка результатов;

6) разработка вариантов сокращения первой группы затрат;

7) применение всех или оптимальных в заданных условиях вариантов;

8) оценка результатов;

9) поиск новых путей совершенствования

*Соколова Ольга Федоровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика, логистика и управление». E-mail: sokof1407@rambler.ru*

*Згуральская Екатерина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и общенаучные дисциплины». E-mail: iatu@inbox.ru*

*Чернов Алексей Олегович, руководитель службы производственной логистики. E-mail: krezelok@rambler.ru*

структуры затрат (концепция TQM – всеобщий менеджмент качества).

В статье рассматриваются особенности процесса применения концепции бережливости относительно транспортно-грузовых авиационных перевозок.

### НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ В СФЕРЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

Воздушный транспорт более 100 лет, со времени своего появления, хоть и прочно удерживает планку самого низко аварийного вида транспорта, одновременно является наиболее затратным и регламентируемым по требованиям безопасности. Поэтому сокращение расходов, если представить данный процесс в виде математической модели, будет иметь большое количество ограничений. В данном случае нахождение направлений снижения себестоимости перевозки является стратегической задачей, легко масштабируемой до уровня экономики страны.

Традиционный путь повышения эффективности любого процесса, прочно обосновавшийся на верхних строчках рейтинга управленческой деятельности, — это применений информационных технологий.

Сложность внедрения IT-инструментов в сферу воздушных перевозок, как в принципе и во все другие процессы, связанные с транспортом, заключается в том, что транспортные предприятия являются системами с жестко закрытыми границами по критерию секретности данных для обеспечения безопасности. Поэтому, если IT-специалисты, занимающиеся информатизацией перевозочных процессов, находятся во внешней среде, то у них нет возможности наполнять базы данных специальными данными, пользоваться статистикой и т.п. Безусловно, крупные перевозчики, например, РЖД, могут позволить себе включать в свою систему подразделения, занимающиеся не просто поддержкой, а именно разработкой новых информационных решений, но, все же (подтверждая принцип Парето) таких предприятий в экономике России около 20%.

В связи с этим, задача разработчиков IT-решений, действующих в ранге исполнителей для внешних заказчиков, сейчас уже заключается не в дискретном привлечении отдельных инструментов, а в системной интеграции инновационных методов управления в будущем продукте. К ним можно отнести комплексное использование методов управления организационными системами наряду с применением прогрессивных средств и технологий. Пример применения таких систем в транспортно-логистическом секторе приведен в работе [1]. Здесь представлено описание логико-он-

тологической модели комплексного применения многоуровневого целеполагания на основе сбалансированной системы показателей и логико-вероятностного моделирования для поддержки принятия решений по управлению рисками грузового порта.

Опыт решения практических задач управления ресурсами показывает, что ключевым фактором, влияющим на качество и эффективность управления, являются не столько используемые методы управления, сколько профессиональные знания специалистов, которые определяют семантику предметной области и содержательные особенности решаемых задач.

Таким образом для повышения качества и эффективности управления ресурсами, прежде всего, требуется учитывать знания об особенностях объектов и процессов предметной области.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Ограничим предметную область для формируемой ОМ. В первую очередь, определимся с типом воздушного судна (ВС) – пилотируемый самолет. В качестве дополнительных, но не обязательных на первичном этапе исследования, признаков (ограничений) можно назвать такие, как «магистральный, гражданский, осуществляющий взлет/посадку на аэродром».

Вторым условием выставления границ будет конкретизация затрат, на которые будет направлено минимизационное воздействие. В дальнейшем возможно расширение перечня затрат, включенных в онтологическую модель. Наиболее влиятельными на формирование себестоимости перевозок самолетом являются: прямые переменные расходы, прямые постоянные расходы, косвенные или накладные расходы. Прямые переменные расходы являются управляемой группой в целях снижения затрат на авиаперевозки.

Прямые переменные расходы формируются из конкретных условий осуществления перевозки грузов или пассажиров и зависят от большого количества факторов. Более подробно данные факторы представлены в работе авторов [2, 3].

В условиях оказания услуг авиаперевозок транспортным средством «пилотируемый самолет», когда начальным и конечным звеном конкретного маршрута является аэродром, транспортный путь ВС можно разделить на две составляющих:

- движение по воздуху (полет);
- движение по земле.

Именно движение самолета по земле (аэродрому) является предметной областью для формирования ОМ.

На сегодняшний день наиболее востребованными способами движения ВС по земле являются:

- перемещение на собственных двигателях – руление;
- использование аэродромного тягача – буксировка.

В работе [2] рассматриваются и другие варианты, которые пока можно назвать экспериментальными.

Невозможность выруливания своим ходом обуславливается такими причинами, как:

- на линии реактивной струи из двигателей, находятся объекты инфраструктуры аэропорта и/или другие ВС;
- размеры перрона и стоянок в аэропорту не дают возможности свободного маневрирования;
- размеры самого ВС (радиус разворота, поворота) не дают возможности свободного маневрирования;
- отсутствие буксировочного водила;
- размещение ВС на стоянку с помощью тягача в ограниченное положение (чаще носом к препятствию).

Таким образом, для решения задачи сокращения себестоимости грузовых авиаперевозок были выбраны затраты из группы прямых переменных расходов «движение самолета по земле (аэродрому).

Онтологию  $O_{MGTС}$  «Управления затратами на наземное перемещение ВС» можно представить в виде следующего упорядоченного набора элементов:

$$O_{MGTС} = \langle G, I \rangle,$$

где  $G$  – утверждения, соответствующие уровню схемы онтологии  $O_{MGTС}$ ;

$I$  – множество утверждений, соответствующих индивидам онтологии.

Множество  $G$  может быть определено кортежем, состоящим из следующих взаимосвязанных элементов:

$$G = \{G^C, G^O, G^D, G^A\},$$

где  $G^C$  – множество утверждений, характеризующих классы (концепты) онтологии;

$G^O$  – множество утверждений, описывающих объектные свойства, объявленные и исполь-

зуемые в онтологии для формирования связей между концептами;

$G^D$  – множество утверждений, описывающих свойства данных;

$G^A$  – множество аксиом, представляющих основные ограничения для элементов множеств  $G^C, G^O, G^D$  [4].

## ОПИСАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

ОМ включает классы, отношения и ограничения, которые определяют предметную область, тем самым устанавливает единую терминологию для совместного использования информации о взаимодействии элементов, влияющих на управление затратами необходимыми во время движения самолета в аэропорту.

В ОМ  $O_{MGTС}$  представлены три родительских класса  $G^C: G^C\{G_{Air}^C, G_I^C, G_S^C\}$ , где:

$G_{Air}^C$  – класс «Аэропорт», содержащий сведения о значимых для выбора варианта перемещения ВС с/на стоянку в процессе выполнения грузовой перевозки параметров аэропорта (в исключительных случаях, аэродрома),

$G_I^C$  – класс «Эксплуатант\_ВС» содержащий сведения о значимых для выбора варианта перемещения ВС с/на стоянку в процессе выполнения грузовой перевозки параметрах самолета и технических условиях его эксплуатации;

$G_S^C$  – класс «Решения», содержащий сведения о ретроспективных значимых решениях выбора варианта перемещения ВС с/на стоянку в процессе выполнения грузовой перевозки в заданных конкретных условиях.

На рисунке 1 показана иерархическая структура классов ОМ.

При необходимости любой класс онтологии может быть расширен новыми дочерними классами.

Объектные свойства  $G^O$  ОМ представлены на рисунке 2.

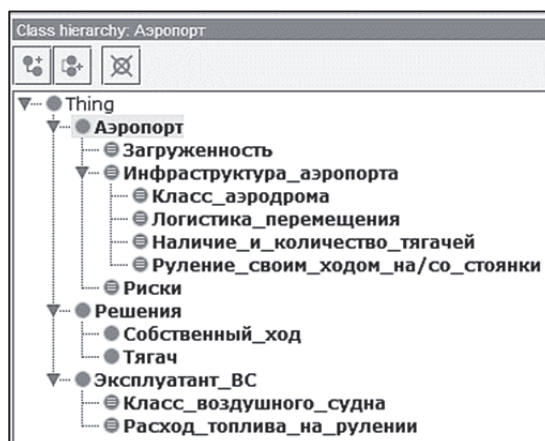


Рис. 1. Иерархическая структура классов онтологической модели

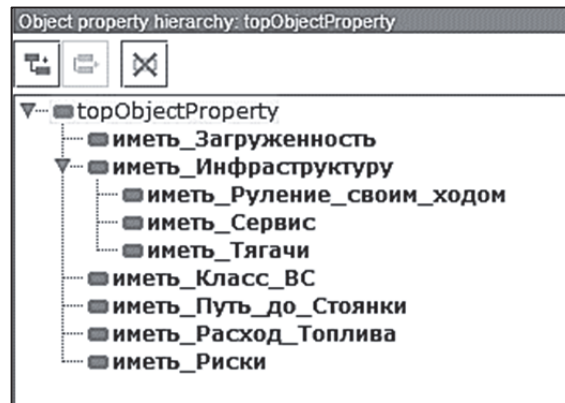


Рис. 2. Объектные свойства ОМ

Свойства данных  $G^D$  используются для описания свойств экземпляров классов «Аэропорт» и «Эксплантат\_ВС».

Рассмотрим пример, представления свойств данных для класса «Класс\_аэродрома». Согласно классификации аэропортов по уровню сервиса для пассажиров - Level of Service (LoS) [5] - уровни сервиса в терминах потоков пассажиров и задержек описываются следующими свойствами:

- Flows (потоки пассажиров);
- Delays (задержки);
- Comfort, (комфорт).

Представление свойств данных показано на рисунках 3-5. Аналогичным образом определены все показатели ОМ.

ОМ содержит всю информацию о взаимодействии элементов, влияющих на управление

затратами необходимыми во время движения самолета в аэропорту, позволяет осуществлять выборку вариантов в соответствии с заданными условиями и получить рекомендации для принятия управленческих решений.

Модель базы знаний формируется администратором базы знаний вместе с экспертом данной предметной области и требует постоянного контроля и корректировки в режиме текущего времени. Информация по возможности выгрузки со стоянок своим ходом публикуется в сборниках аэронавигационной информации (AIP) и в нотах (NOTAM), доступ к которым всегда есть у летного экипажа, то есть у перевозчика. Поскольку в эти регламентные документы регулярно вносятся изменения, при планировании рейса необходимо обновлять данные по

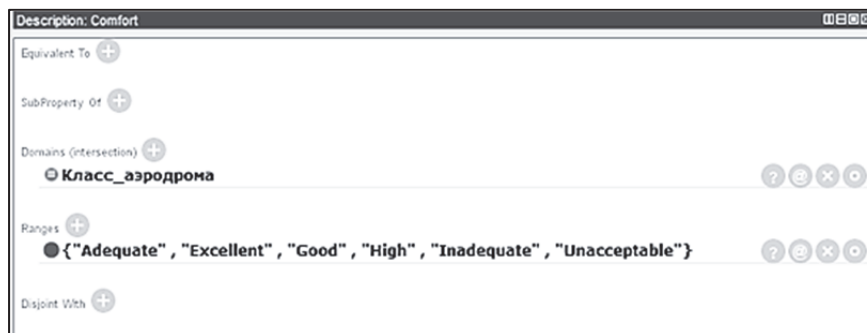


Рис. 3. Представление свойств данных описания для классификации аэропортов по уровню сервиса пассажиров. Свойство Comfort

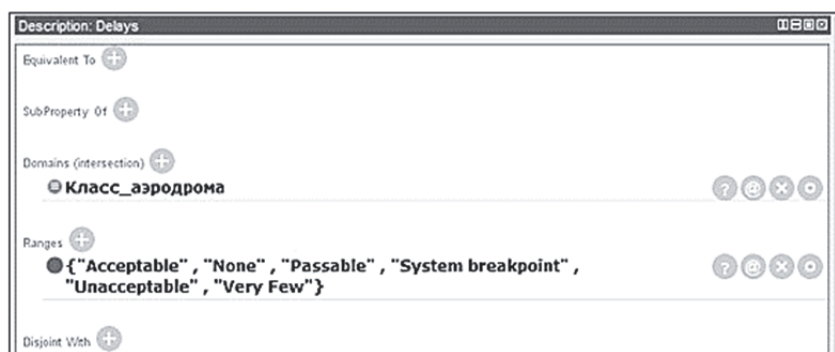


Рис. 4. Представление свойств данных описания для классификации аэропортов по уровню сервиса пассажиров. Свойство Delays

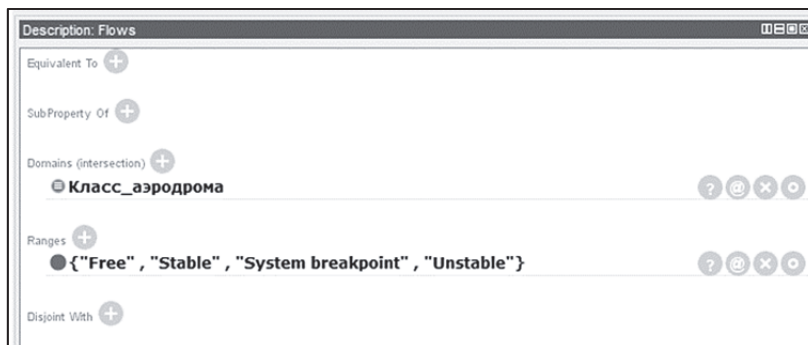


Рис. 5. Представление свойств данных описания для классификации аэропортов по уровню сервиса пассажиров. Свойство Flows

действующим ограничениями по аэропорту. Кроме этого, в идеальном случае экипаж всегда может уточнить у диспетчера руления в аэропорту возможность запуска и ухода со стоянки своим ходом, и эта же возможность должна быть предоставлена администратору базы знаний для корректного принятия решения.

В данной статье не приводятся примеры конкретных объектов (самолетов, аэропортов) и решения, получаемые после запуска механизма логического вывода. Это обусловлено факторами, связанными с нахождением разработчиков за пределами допуска по безопасности в систему пользователя и подробно рассмотренными выше.

ОМ реализована в редакторе онтологий Protégé, использующем язык OWL [4, 6]. Пример запроса Query (class expression), представлен на рисунке 6.

Посредством подобного запроса можно выяснить, какое решение лучше принять с позиции сокращения затрат на перемещение ВС с/на стоянку в процессе выполнения грузовой перевозки. Выбор оптимального решения позволяет реализовать концепцию кайдзен относительно прямых переменных затрат грузового авиатранспортчика, что может обеспечить плавное укрепление конкурентоспособности.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложившиеся условия функционирования грузовых авиатранспортчиков РФ ставят компаниям-

перевозчикам в качестве важной задачи выживаемости на рынке требования по сокращению затрат. Эта задача является тем более трудной, что многие статьи транспортных затрат жестко скоррелированы с показателями качества перевозок прямой зависимостью и практически не могут быть затронуты в процессе оптимизации.

Тем более важным становится нахождение пути управления себестоимостью грузовых авиатранспортчиков, в данном случае через выбор наилучшего варианта наземного движения самолета (с/на стоянку) в процессе выполнения перевозки.

Разработанная ОМ можно осуществлять выборку возможных решений для снижения прямых переменных затрат на авиатранспортчиков с одновременным выполнением требований по безопасности в соответствии с изменяющимися условиями функционирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарева, И.О. Логико-онтологическое моделирование управления рисками грузового порта / И.О. Бондарева // Онтология проектирования. – 2024. – Т.14. – № 1(51). – С.119-133.
2. Соколова, О.Ф. Модуль информационной системы оптимизации затрат на наземное перемещение воздушного судна / О.Ф. Соколова, Е.Н. Згуральская, А.А. Моисеев, И.М. Мерзлов // Сборник научных трудов I Всероссийской научной конференции «Эвристический потенциал междисциплинарного дискурса в современном научном познании». – Ульяновск, 2023. – С. 78-84.

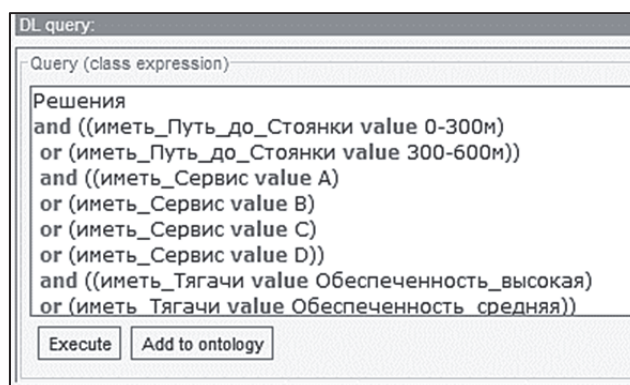


Рис. 6. Запрос DL Query

3. Соколова, О.Ф. Повышение топливной эффективности грузовых самолетов / О.Ф. Соколова, И.М. Мерзлов // Сборник научных трудов VII Всероссийской научной конференции «Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера». – Ульяновск, 2023. – С. 9-12.
4. Гаврилова, Т.А. Инженерия знаний. Модели и методы / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. – СПб: Лань, 2023. – 324 с.
5. Классификация аэропортов по уровню сервиса для пассажиров Level of Service (LoS) – URL: <https://aviateka.su/klassifikatsiya-level-of-service-los/?ysclid=lw2grbok67757158815> (дата обращения: 10.05.2024).
6. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. – URL: <https://protege.stanford.edu/> (дата обращения: 10.05.2024).

## DEVELOPMENT OF AN ONTOLOGICAL MODEL FOR MANAGING COSTS FOR GROUND MOVEMENT OF AN AIRCRAFT

© 2024 O.F. Sokolova<sup>1</sup>, E.N. Zguralskaya<sup>1</sup>, A.O. Chernov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

<sup>2</sup>Volga-Dnepr Airlines LLC, Ulyanovsk, Russia

The article discusses one of the directions for reducing the cost of air cargo transportation in the current economic and political conditions. At the initial stage, a target cost item is selected within the framework of the concept of lean thinking and the traditional variant of classifying the costs of cargo transportation by aircraft, the result of which is the process of moving the aircraft from/to the parking lot during the transportation process. The next step is to consider the possibility of informatizing the cost assessment of this process in specific conditions to speed up the selection of the optimal solution. A developed ontological model is proposed, which contains all the information about the interaction of elements that influence the management of costs necessary during the ground movement of an aircraft at the airport (at the airfield), and allows for the selection of the optimum in accordance with the specified conditions. The results of queries to the ontological model are options for management decisions aimed at reducing costs in the cost structure of air cargo transportation.

*Keywords:* air cargo transportation, costs, aircraft movement on the ground, ontological model.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-4(3)-370-375

EDN: LZXLWI

### REFERENCES

1. Bondareva, I.O. Logiko-ontologicheskoe modelirovanie upravleniya riskami gruzovogo porta / I.O. Bondareva // *Ontologiya proektirovaniya*. – 2024. – T.14. – № 1(51). – S.119-133.
2. Sokolova, O.F. Modul' informacionnoj sistemy optimizacii zatrat na nazemnoe peremeshchenie vozdušnogo sudna / O.F. Sokolova, E.N. Zgural'skaya, A.A. Moiseev, I.M. Merzlov // *Sbornik nauchnyh trudov I Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Evrsticheskiy potencial mezhdisciplinarnogo diskursa v sovremennom nauchnom poznanii»*. – Ul'yanovsk, 2023. – S. 78-84.
3. Sokolova, O.F. Povyshenie toplivnoj effektivnosti gruzovyh samoletov / O.F. Sokolova, I.M. Merzlov // *Sbornik nauchnyh trudov VII Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Problemy i perspektivy ekonomicheskikh otноshenij predpriyatij aviacionnogo klastera»*. – Ul'yanovsk, 2023. – S. 9-12.
4. Gavrilo, T.A. Inzheneriya znaniy. Modeli i metody / T.A. Gavrilova, D.V. Kudryavcev, D.I. Muromcev. – SPb: Lan', 2023. – 324 s.
5. Klassifikaciya aeroportov po urovnyu servisa dlya passazhirov Level of Service (LoS) – URL: <https://aviateka.su/klassifikatsiya-level-of-service-los/?ysclid=lw2grbok67757158815> (data obrashcheniya: 10.05.2024).
6. A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems. – URL: <https://protege.stanford.edu/> (data obrashcheniya: 10.05.2024).

*Olga Sokolova, Candidate of Technics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics, Logistics and Management. E-mail: sokof1407@rambler.ru*

*Ekaterina Zguralskaya, Candidate of Technics, Associate Professor of the Department of Information Technologies and General Scientific Disciplines. E-mail: iatu@inbox.ru*

*Alexey Chernov, Head of the Production Logistics Service. E-mail: krezelok@rambler.ru*