

## Моделирование параметров грузоперевозки на основе бенчмарк-анализа рынка транспортных компаний

*С.Н. Гончаренко, А.Ф.М. Алмунтафеки*

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»*

**Аннотация:** В работе рассмотрены актуальные вопросы моделирования и прогнозирования параметров рынка транспортных компаний, оказывающих услуги по перевозке грузов промышленных предприятий, таких, как стоимость, время, скорость и объемы доставки готовой продукции потребителям, а также произведена оценка потенциальных возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого количества и качества оказания транспортно-логистических услуг. Целью работы является определение области надежных прогнозов показателей перевозки для каждого интервального значения плеча доставки грузов с учетом доли компании на рынке. Моделирование временных параметров грузоперевозки производилось, исходя из дорожных условий перевозки и времени года. При реализации процедур моделирования искомым статистический базис параметров времени в пути и расстояния на маршруте формировался на базе данных из специализированных приложений анализа показателей транспортно-логистических услуг грузового автотранспорта. Получено семейство прогнозных кривых для различных вариантов прогнозных моделей скорости и времени движения, а также интервальных значений плеч доставки для исходного множества транспортно-логистических компаний.

**Ключевые слова:** статистическое прогнозирование, эффективность перевозки, модели бенчмарков, тарифы на перевозку грузов, кусочно-линейная аппроксимация, области надежных прогнозов, параметры грузоперевозки, бенчмарк-анализ, рынок транспортных компаний.

**Введение.** В работе рассмотрены актуальные вопросы, связанные с прогнозной оценкой параметров рынка транспортных услуг для ведущих транспортно-логистических компаний, оказывающих услуги по перевозке грузов промышленных предприятий [1-3]. Мониторинг рынка транспортных компаний, оказывающих услуги по транспортировке необходимых грузов, проводился для решения следующих задач: оценка стоимости доставки готовой продукции потребителям (тарифы); оценка возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого количества транспортных средств. В такой постановке, прежде всего, необходима оценка потенциальных возможностей транспортных компаний по предоставлению необходимого объема и качества оказания транспортно-логистических услуг с определенным уровнем надежности и риска [4-5].

---

**Материалы и методы.** Перечень компаний был определен исходя из расчета их доли на рынке транспортно-логистических услуг посредством использования доступных интернет-ресурсов. В качестве исходного множества альтернатив для последующего анализа и прогнозирования основных технико-экономических показателей были определены следующие транспортно-логистические компании: ООО «Транссим Логистик»; Транспортная компания ООО «ТРАСКО»; Компания Militzer & Muench; Компания Адамос-Логистик [6-7]. На основании полученных данных по транспортным компаниям можно сделать следующие выводы: тарифы на перевозку компании предоставляют из расчета стоимости рейса; количество единиц транспорта, которые могут предоставляться перевозчиками в день, не покрывает потребности предприятия. Данная проблема обусловлена следующими причинами: большой временной период до начала перевозок; наличие множества мелких заказов; распределенная сеть доставки грузов; наличие мультимодальных перевозок. При этом, транспортные компании не готовы планировать перевозки на длительную перспективу, а исполнителям заявок не всегда выгодно принимать заказы на небольшие расстояния. С точки зрения контроля процесса перевозки им приоритетнее длинные маршруты перевозок и стабильные условия выполнения заказов [8].

**Результаты.** На основании анализа статистического базиса перевозок вышеуказанных компаний были определены взаимосвязи цены ( $C_{\text{дост.}}$ ) доставки от плеча ( $P_{\text{дост.}}$ ) (рис. 1-4). При этом был произведен анализ специфических особенностей транспортировки грузов на различные расстояния и методами кусочно-линейной аппроксимации выделены искомые статистические взаимосвязи ( $C_{\text{дост.}} = f(P_{\text{дост.}})$ ,  $R^2$ ), а также области надежных прогнозов, для каждого интервала плеча доставки (таблица №1). При моделировании временных параметров грузоперевозки в качестве

---

входных параметров было задано время в пути от предприятия до конечного потребителя.

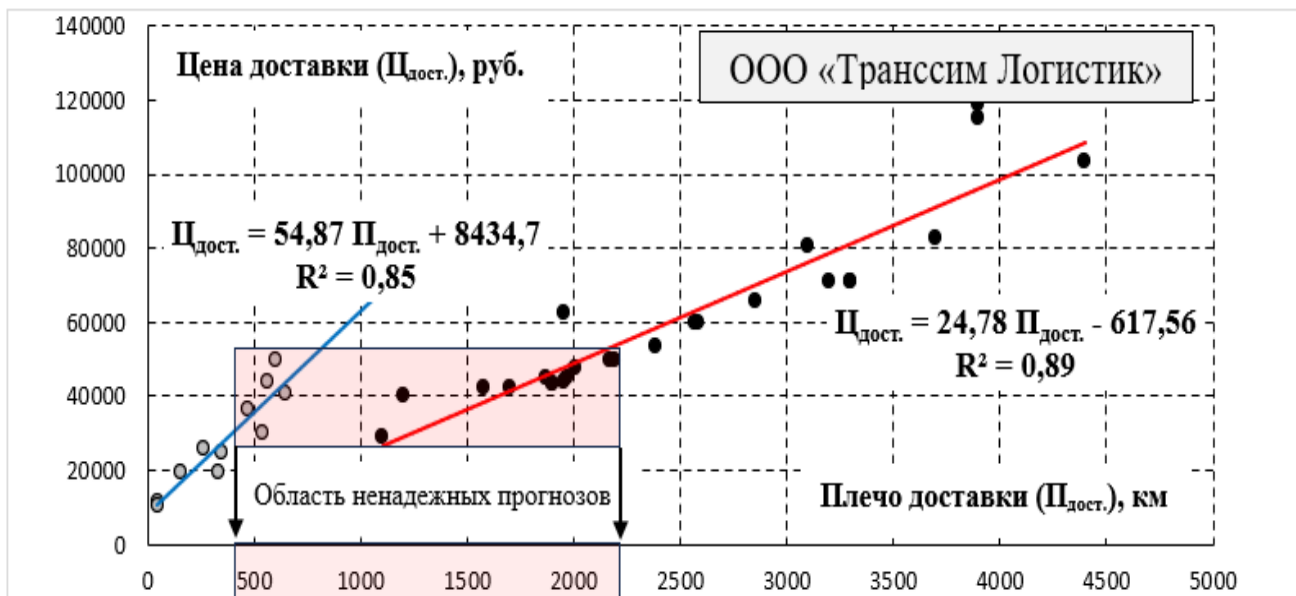


Рис. 1. - Определение взаимосвязи цены ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки от плеча ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки для компании ООО «Транссим Логистик»

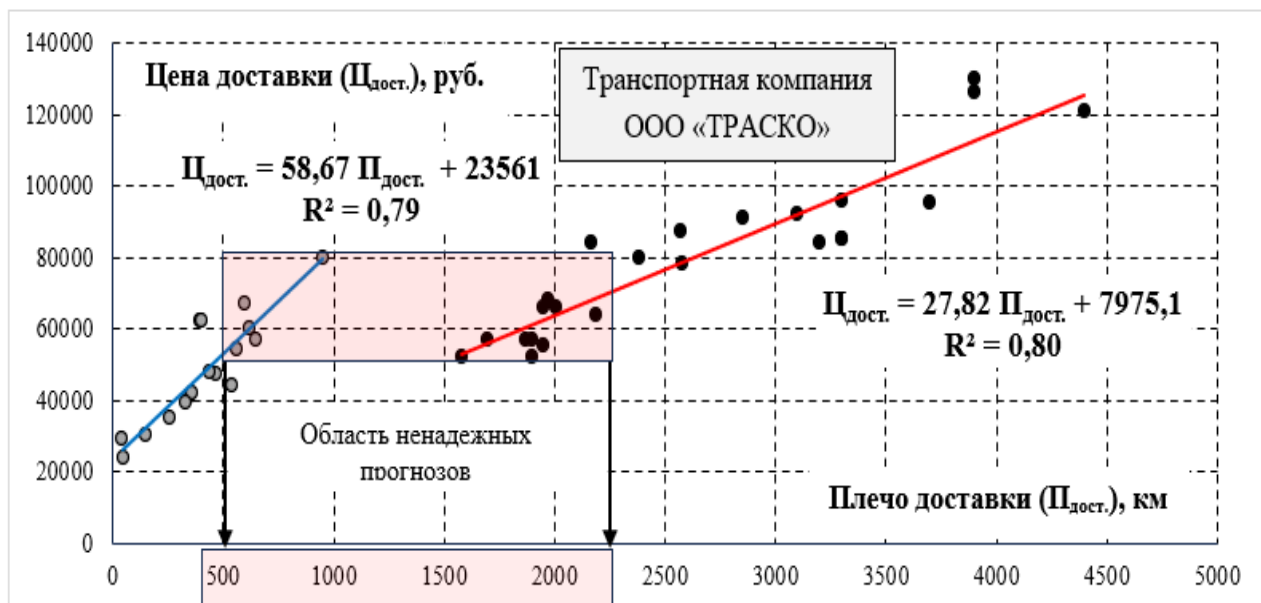


Рис. 2. - Определение взаимосвязи цены ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки от плеча ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки для транспортной компании ООО «ТРАСКО»

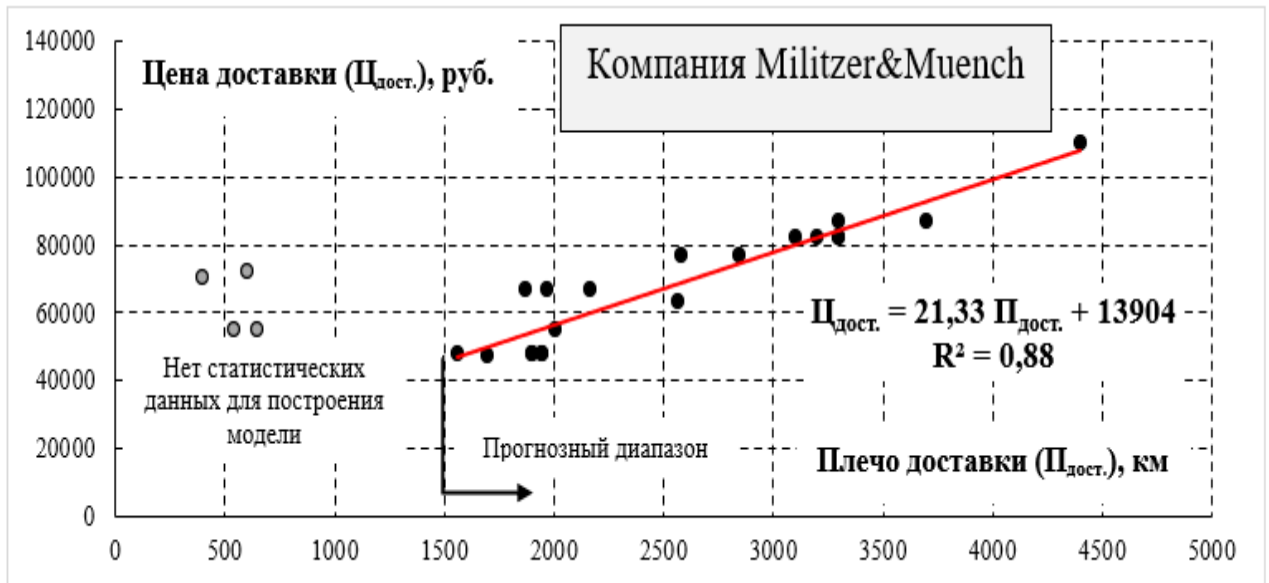


Рис. 3. - Определение взаимосвязи цены ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки от плеча ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки для компании Militzer&Muench

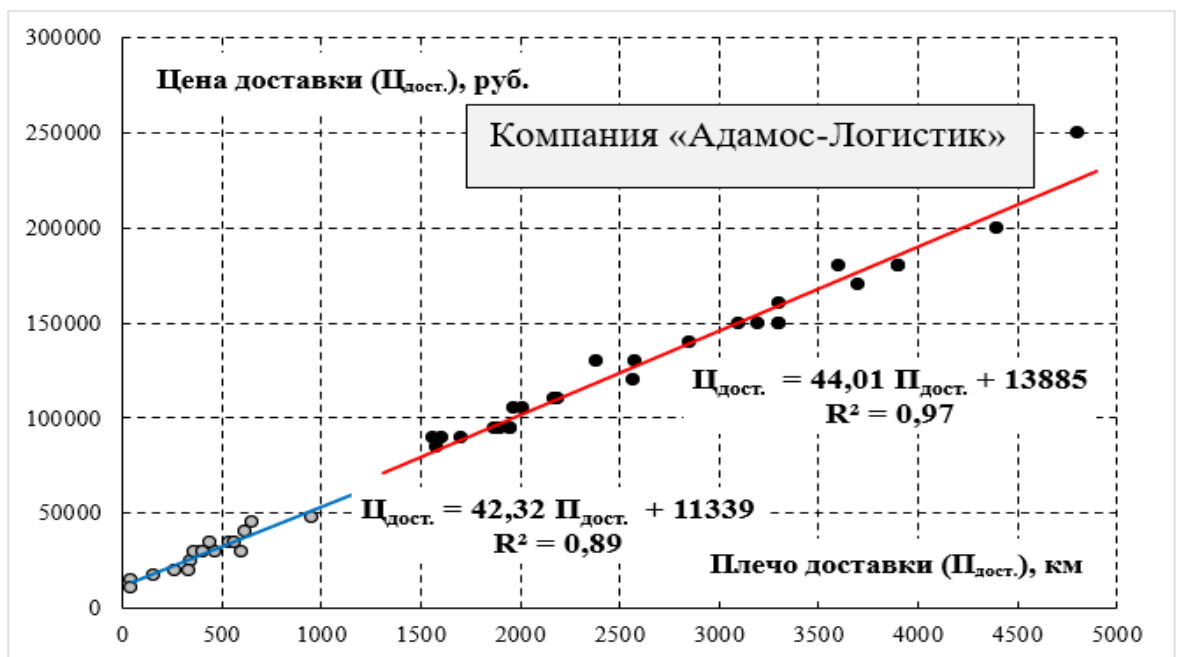


Рис. 4. - Определение взаимосвязи цены ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки от плеча ( $\Pi_{\text{дост.}}$ ) доставки для компании «Адамос-Логистик»

Таблица №1

Бенчмарк-анализ и определение вида прогнозных моделей для различных интервалов доставки транспортно-логистической компании

Транспортно-логистическая компания (ТЛК)	Плечо доставки ( $P_{\text{дост.}}$ )	Вид прогнозной модели $C_{\text{дост.}}=f(P_{\text{дост.}})$
ООО «Транссим Логистик»	[0; 470]	$C_{\text{дост.}}=54,87P_{\text{дост.}}+8434,7;$ $R^2 = 0,85$
	[2200; 4500]	$C_{\text{дост.}}=24,78P_{\text{дост.}}-617,56;$ $R^2 = 0,89$
Транспортная компания ООО «ТРАСКО»	[0; 500]	$C_{\text{дост.}}=58,67P_{\text{дост.}}+23561;$ $R^2 = 0,79$
	[2200; 4500]	$C_{\text{дост.}}=27,82P_{\text{дост.}}+7975,1;$ $R^2 = 0,80$
Компания Miltzer & Muench	[1500; 4500]	$C_{\text{дост.}}=21,33P_{\text{дост.}}+13904;$ $R^2 = 0,88$
Компания Адамос-Логистик	[0; 1250]	$C_{\text{дост.}}=42,32P_{\text{дост.}}+11339;$ $R^2 = 0,89$
	[1251; 5000]	$C_{\text{дост.}}=44,01P_{\text{дост.}}+13885;$ $R^2 = 0,97$

Данное время может варьироваться исходя из дорожных условий (например, зимой время в пути дольше, чем в летнее время).

При моделировании время в пути и расстояние на маршруте было указано, исходя из основных параметров определения маршрутов, в следующих специализированных приложениях для грузового транспорта: ООО «Карго Линк»; Яндекс Маршрутизация; Фура Трэйс; Flagma (грузоперевозки); ТЛК «Тракт» [9-12].

Для определения параметров прогнозных моделей ( $V_{\text{ср.}}^M=f(S_{\text{неп.}}^M)$ ) и ( $T_{\text{дв.}}^M=f(S_{\text{неп.}}^M)$ ) исходя из полученных статистических взаимосвязей по каждой отдельной компании (таблица №2) был использован метод взвешенной аддитивной свертки, в котором среднее значение скорости

( $V_{cp.}^M$ ), времени движения ( $T_{дв.}^M$ ) и расстояния перевозки (плеча доставки) ( $S_{пер.}^M$ ) для искомой прогнозной модели определялось как  $V_{cp.}^M = \sum_{i=1}^{i=n} V_{cp.i} \alpha_i$ ;  $S_{пер.}^M = \sum_{i=1}^{i=n} S_{пер.i} \alpha_i$ ;  $T_{дв.}^M = \sum_{i=1}^{i=n} T_{дв.i} \alpha_i$ , где  $V_{cp.i}$ ,  $T_{дв.i}$ ,  $S_{пер.i}$  – значения, соответственно, скорости движения, времени и расстояния перевозки грузов для транспортных средств по прогнозной модели данных  $i$ -й компании;  $\alpha_i$  – доля  $i$ -й компании на рынке сервисных платформ для построения маршрутов и анализа тарифов [13-15].

Таблица №2

Определение параметров прогнозных моделей скорости и времени движения по статистическим данным сервисных платформ

Компания	Вид прогнозной модели ( $V_{cp.}$ )= $f_1(S_{пер.})$	Вид прогнозной модели ( $T_{дв.}$ ) = $f_2(S_{пер.})$
ООО «Карго Линк»	( $V_{cp.}$ )=5,84ln( $S_{пер.}$ )+36,99; $R^2 = 0,77$	( $T_{дв.}$ )=0,0126( $S_{пер.}$ )+0,24; $R^2 = 0,99$
Яндекс Маршрутизация	( $V_{cp.}$ )=6,61ln( $S_{пер.}$ )+30,62; $R^2 = 0,67$	( $T_{дв.}$ )=0,0132( $S_{пер.}$ )-0,04; $R^2 = 0,99$
Фура Трэйс	( $V_{cp.}$ )=7,70ln( $S_{пер.}$ )+20,21; $R^2 = 0,8698$	( $T_{дв.}$ )=0,0128( $S_{пер.}$ )+0,54; $R^2 = 0,99$
Flagma (грузоперевозки)	( $V_{cp.}$ )=4,50ln( $S_{пер.}$ )+33,93; $R^2 = 0,62$	( $T_{дв.}$ )=0,0153( $S_{пер.}$ )+0,15; $R^2 = 0,99$
ТЛК «Тракт»	( $V_{cp.}$ )=4,91ln( $S_{пер.}$ )+11,55; $R^2 = 0,83$	( $T_{дв.}$ ) =0,0205( $S_{пер.}$ )+0,98; $R^2 = 0,99$
<b>Модель</b>	<b>(<math>V_{cp.}^M</math>) = 6,30ln(<math>S_{пер.}^M</math>)+16,78;</b> <b><math>R^2 = 0,77</math></b>	<b>(<math>T_{дв.}^M</math>) = 0,0155(<math>S_{пер.}^M</math>)+0,74;</b> <b><math>R^2 = 0,99</math></b>

В результате моделирования получены прогнозные взаимосвязи ( $V_{cp.}^M$ ) =  $6,30ln(S_{пер.}^M) + 16,78$ ,  $R^2 = 0,77$  и ( $T_{дв.}^M$ ) =  $0,0155(S_{пер.}^M) + 0,74$ ,  $R^2 = 0,99$  (таблица №2, рис. 5,6), диаграммы «концентрации» интервальных оценок, показатели вариации (среднее значение, медиана ( $Me$ ), стандартное отклонение ( $\pm\sigma$ ), 25% и 75% процентиля) [16-18].

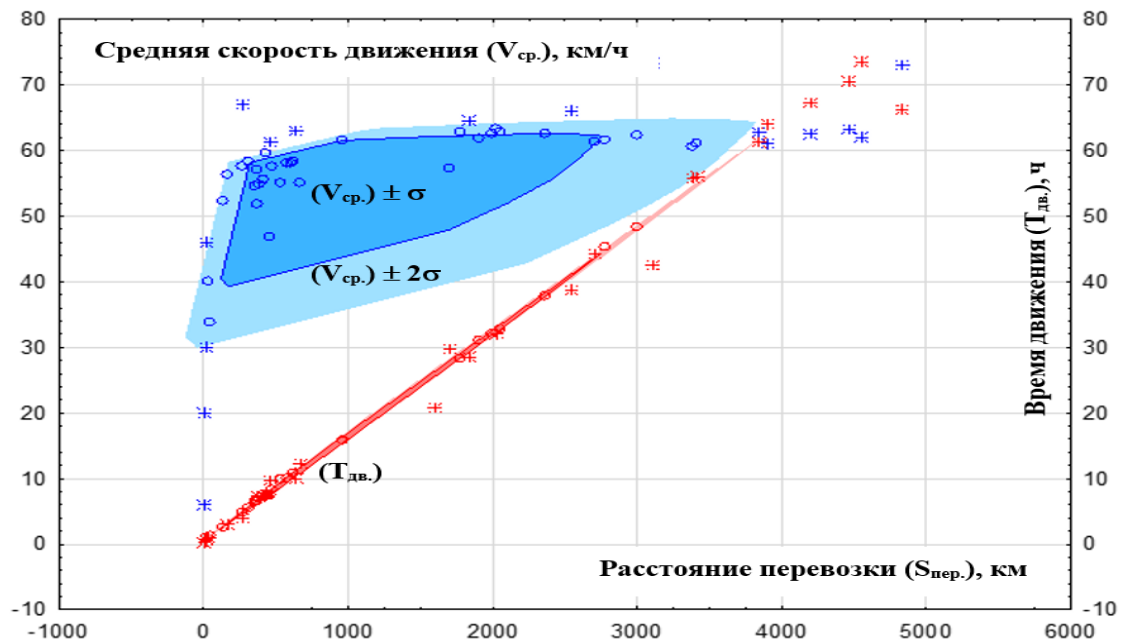


Рис. 5. - Статистическая диаграмма интервалов изменения средней скорости и времени движения в зависимости от расстояния перевозки

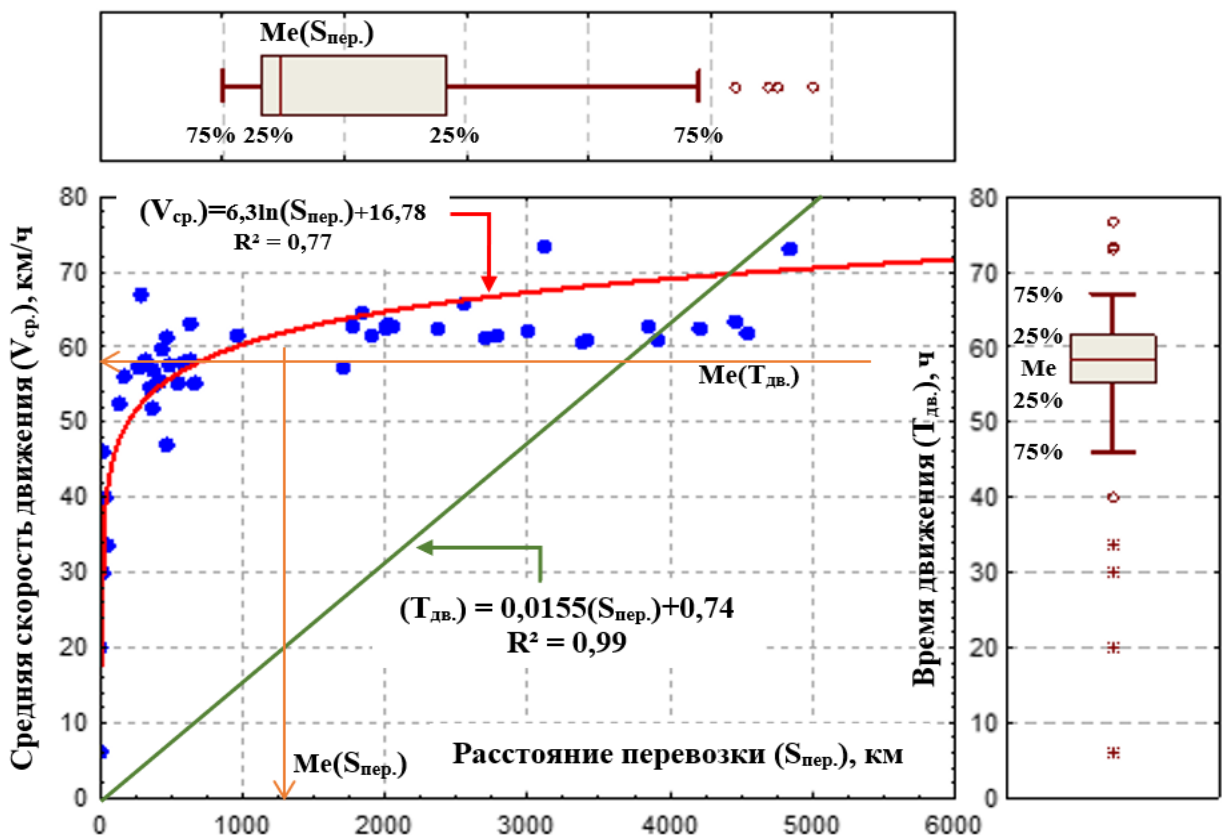


Рис. 6. - Зависимость времени и средней скорости движения от расстояния перевозки (диаграммы рассеяния и размаха вариации)



**Выводы.** Таким образом, в результате проведенных исследований получены новые данные о взаимосвязях цены ( $C_{\text{дост.}}$ ) доставки от плеча ( $P_{\text{дост.}}$ ) с учетом специфических особенностей транспортировки грузов на различные расстояния. При этом, анализ статистических данных позволил выделить области надежных прогнозов для каждого интервального значения плеча доставки грузов.

Информационный базис специализированных приложений для грузового транспорта, который содержал в себе параметры времени в пути и расстояния маршрута от предприятия до потребителей позволил реализовать процедуры прогнозного моделирования скорости и времени движения с дальнейшим расчетом традиционно используемых статистических параметров вариации. Специфической особенностью построенных моделей является учет доли каждой компании, предоставляющей информационные и аналитические ресурсы на рынке сервисных платформ для построения маршрутов и анализа тарифов.

### Литература

1. Зубков В.Н., Рязанова Е.В. Методы эффективного взаимодействия участников перевозочного процесса в транспортных узлах. // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2012. №45(1). С. 135–143.

2. Verhoeven P., Sinn F., Herden T. T. Examples from Blockchain Implementations in Logistics and Supply Chain Management: Exploring the Mindful Use of a New Technology. Logistics. 2018, №2(3) URL:[doi.org/10.3390/logistics2030020](https://doi.org/10.3390/logistics2030020).

3. Qian X., Fang S.-C., Yin M., et. al. Selecting green third party logistics providers for a loss-averse fourth party logistics provider in a multiattribute reverse auction. Information Sciences. 2021, pp. 357–377. URL:[doi.org/10.1016/j.ins.2020.09.011](https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.09.011).

---



4. Xiaohu Qian; Min Huang; Mingqiang Yin; Qingyu Zhang; Yangyang Yu A Multiattribute Decision Approach for 4PL Supply Base Design // Chinese Control And Decision Conference (CCDC). 2019. DOI:doi.org/10.1109/CCDC.2019.8832611.

5. Qian X., Chan F. T.S., Mingqiang Yin, Qingyu Zhang et. al. A two-stage stochastic winner determination model integrating a hybrid mitigation strategy for transportation service procurement auctions. Computers & Industrial Engineering. 2020, №149. URL:doi.org/10.1016/j.cie.2020.106703.

6. Баскаков П.В., Матюшин Л.Н. Интеграция России в международную транспортную систему (функциональный аспект). // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2015. №5. С. 66–88.

7. Гапанович В.А., Розенберг И.Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. 2011. №4. С. 5–11.

8. Гагарский Э.А. Прогрессивные (логистические) транспортно-технологические системы как фактор снижения страховых рисков. // Транспорт: наука, техника, управление. 2011. №9. С. 14–16.

9. Гапанович В.А., Розенберг И.Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта. // Железнодорожный транспорт. 2011. №4. С. 5–11.

10. Gruchmann T., Pratt N., Eiten J., Melkonyan A. 4PL Digital Business Models in Sea Freight Logistics: The Case of FreightHub. Logistics. 2020, №4(2) URL:doi.org/10.3390/logistics4020010.

11. Schramm H.-J., Czaja C.N., Dittrich M., Mentschel M. Current Advancements of and Future Developments for Fourth Party Logistics in a Digital Future. Logistics. 2019, №3(1) URL:doi.org/10.3390/logistics3010007.

12. Lambrechts W., Son-Turan S., Reis L., Semeijn J. Lean, Green and Clean? Sustainability Reporting in the Logistics Sector. *Logistics*. 2019, №3(1) URL:[doi.org/10.3390/logistics3010003](https://doi.org/10.3390/logistics3010003).

13. Степанов Д.Ю. Интеграция модулей логистики и финансов при внедрении корпоративных информационных систем на примере SAP ERP. // *Проблемы экономики*. 2014. №62(4). С. 22–27.

14. Багинова В.В., Кузьмин Д.В. Особенности развития контрейлерных перевозок в России. // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2013. №3(2). С. 49–52.

15. Ботнарюк М.В. Партнерские взаимоотношения – императив ведения логистического бизнеса. // *Общество: политика, экономика, право*. 2011. №(1). С. 53–57.

16. Зубков В. Н., Рязанова Е. В. Методы эффективного взаимодействия участников перевозочного процесса в транспортных узлах. // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2012. №45(1). С.135–143.

17. Kolinski A., Horzela A., Cudzilo M., Domanski R. Reference Model of Information Flow in Business Relations with 4PL Operator. In: Kolinski A., Dujak D., Golinska-Dawson P. (eds.) *Integration of Information Flow for Greening Supply Chain Management. EcoProduction (Environmental Issues in Logistics and Manufacturing)*. Springer, Cham. 2020 URL:[doi.org/10.1007/978-3-030-24355-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24355-5_2).

18. Gruchmann T., Melkonyan A., Krumme K. Logistics Business Transformation for Sustainability: Assessing the Role of the Lead Sustainability Service Provider (6PL). *Logistics*. 2018, №2(4) URL:[doi.org/10.3390/logistics2040025](https://doi.org/10.3390/logistics2040025).

---

## References

1. Zubkov V.N., Ryazanova E. V. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2012. №45 (1). pp. 135–143.
  2. Verhoeven P., Sinn F., Herden T. T. Logistics. 2018, №2(3) URL:[doi.org/10.3390/logistics2030020](https://doi.org/10.3390/logistics2030020).
  3. Qian X., Fang S.-C., Yin M., et. al. Information Sciences. 2021, pp. 357–377. URL:[doi.org/10.1016/j.ins.2020.09.011](https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.09.011).
  4. Xiaohu Qian; Min Huang; Mingqiang Yin; Qingyu Zhang; Yangyang Yu A Chinese Control And Decision Conference (CCDC). 2019. DOI:[doi.org/10.1109/CCDC.2019.8832611](https://doi.org/10.1109/CCDC.2019.8832611).
  5. Qian X., Chan F. T.S., MingqiangYin, Qingyu Zhang et. al. Computers & Industrial Engineering. 2020, №149. URL:[doi.org/10.1016/j.cie.2020.106703](https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106703).
  6. Baskakov P.V., Matyushin L.N. ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika. №2015. № (5). pp. 66–88.
  7. Gubskij M.I. Problemy upravleniya. 2009. №30 (1). pp. 75–79.
  8. Gagarskij Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. 2011. № (9). pp.14–16.
  9. Gapanovich V.A., Rozenberg I.N. Zheleznodorozhnyj transport. 2011. № (4). pp. 5–11.
  10. Gruchmann T., Pratt N., Eiten J., Melkonyan A. 4PL Digital Business Models in Sea Freight Logistics: The Case of FreightHub. Logistics. 2020, №4 (2) URL:[doi.org/10.3390/logistics4020010](https://doi.org/10.3390/logistics4020010).
  11. Schramm H.-J., Czaja C.N., Dittrich M., Mentschel M. Current Advancements of and Future Developments for Fourth Party Logistics in a Digital Future. Logistics. 2019, №3(1) URL:[doi.org/10.3390/logistics3010007](https://doi.org/10.3390/logistics3010007).
-

12. Lambrechts W., Son-Turan S., Reis L., Semeijn J. Lean, Green and Clean? Sustainability Reporting in the Logistics Sector. *Logistics*. 2019, №3 (1) URL:[doi.org/10.3390/logistics3010003](https://doi.org/10.3390/logistics3010003).
13. Stepanov D. YU. *Problemy ekonomiki*. 2014. №62 (4). pp. 22–27.
14. Baginova V.V., Kuz'min D.V. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii*. 2013. №3 (2). pp. 49–52.
15. Botnaryuk M.V. *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo*. 2011. № (1). pp. 53–57.
16. Zubkov V.N., Ryazanova E.V. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya*. 2012. №45 (1). pp.135–143.
17. Kolinski A., Horzela A., Cudzilo M., Domanski R. Reference Model of Information Flow in Business Relations with 4PL Operator. In: Kolinski A., Dujak D., Golinska-Dawson P. (eds.) *Integration of Information Flow for Greening Supply Chain Management. EcoProduction (Environmental Issues in Logistics and Manufacturing)*. Springer, Cham. 2020. URL:[doi.org/10.1007/978-3-030-24355-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24355-5_2).
18. Gruchmann T., Melkonyan A., Krumme K. Logistics Business Transformation for Sustainability: Assessing the Role of the Lead Sustainability Service Provider (6PL). *Logistics*. 2018, №2(4). URL:[doi.org/10.3390/logistics2040025](https://doi.org/10.3390/logistics2040025).

**Дата поступления: 19.01.2024**

**Дата публикации: 5.03.2024**