



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО И СТЕПЕННОГО УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОБЪЕМА ПЕРЕВЕЗЕННЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Э. А. Пиль, Т. Н. Ковалев

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*В статье представлен анализ перевозимых грузов автотранспортом и их прогноз до 2030 года с применением программы Линия Тренда, входящей в качестве программного обеспечения базы данных MS Excel. Этот анализ был основан на статистических данных за период с 2000 по 2020 годы включительно. Полученные уравнения показали, что при прогнозе следует применять логарифмическое и степенное уравнения, на основе которых был произведен анализ до 2030 года.*

*Ключевые слова:* груз, автотранспорт, Санкт-Петербург, анализ, прогноз.

### **Для цитирования:**

*Пиль Э. А., Ковалев Т. Н. Использование логарифмического и степенного уравнений для прогноза объема перевезенных грузов автомобильным транспортом в Санкт-Петербурге // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(30), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с. 11-21. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-11-21.*

## USING LOGARITHMIC AND POWER EQUATIONS TO PREDICT THE VOLUME OF TRANSPORTED GOODS BY ROAD IN ST. PETERSBURG

E. A. Pil, T. N. Kovalev

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*The article presents an analysis of the transported goods by motor transport of St. Petersburg and their forecast until 2030 using the Trend Line program, which is included as the MS Excel database software. This analysis was based on statistical data for the period from 2000 to 2020. The obtained equations showed that the logarithmic and power equations should be used in the forecast, on the basis of which the analysis was carried out until 2030.*

*Key words:* cargo, motor transport, St. Petersburg, analysis, forecast.

### **For citation:**

*Pil E. A., Kovalev T. N. Using logarithmic and power equations to predict the volume of transported goods by road in St. Petersburg // System analysis and logistics.: №4(30), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p. 11-21. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-11-21.*

В последнее десятилетие стало бурно развиваться новое направление по разработки и внедрению беспилотного транспорта в таких областях как: самолетостроение, автомобилестроение, судостроение, а также железнодорожный транспорт и трамваи. В первую очередь появились беспилотные летательные аппараты (БЛА), которые в настоящее время уже широко используются в большом количестве разными странами в том числе и при перевозке груза [1]. Следующим шагом стали развивать беспилотный автомобильный транспорт, так как профессия шофера является самой распространенной в мире. По прогнозам к 2035 года мировой рынок беспилотных грузовиков составит 90% от всего рынка грузовых автомобилей [2]. Так в США был перевезен груз в 18 тонн масла с одного побережья до другого за 3 дня [3]. Россия также усиленно занимается этим вопросом так, например, была осуществлена перевозка тонны овощей из города Владимир в Москву на «ГАЗели», управление которой происходило в режиме автопилота, без участия водителя дня [4]. Среди морских беспилотников следует отметить пробег тримарана, который преодолел около 8,4 тыс. км проплыв от порта Сан-Диего в Калифорнии в Перл-Харбор на Гавайских островах и вернулся обратно [5]. Что касается беспилотных трамваев, то здесь следует отметить запуск в Китае безрельсового трамвая, который перемещается по электрическому кабелю, встроенному в покрытие дороги [6, 7]. В ближайшее время в Москве начнут тестировать беспилотный трамвай на маршруте № 17 (Останкино – Медведково) [8, 9]. И,



как видно из описания, беспилотный железнодорожный транспорт и трамвай пока отстают в своем внедрении несмотря на то, что они являются одним из самых удобных и подходящих видом техники для внедрения беспилотных технологий [10].

Здесь также следует сразу отметить, что существует шесть уровней беспилотного вождения согласно международной профессиональной организации SAE, которая обновила визуальное представление своего стандарта J3016™ (рис. 1) [11].

SAE J3016 УРОВНИ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОЖДЕНИЯ						
	УРОВЕНЬ 0	УРОВЕНЬ 1	УРОВЕНЬ 2	УРОВЕНЬ 3	УРОВЕНЬ 4	УРОВЕНЬ 5
Что должен делать водитель?	Вы ведёте автомобиль, даже если ноги находятся не на педалях, а руки не на руле			Вы не ведёте автомобиль, если активированы функции автоматического вождения		
	Вы обязаны следить за электронными ассистентами и подруливать, разгоняться и тормозить при необходимости			Если система попросит, вы должны взять управление на себя	Электронные ассистенты не требуют от человека брать управление на себя	
	Системы помощи водителю			Системы беспилотного вождения		
Что делает автоматика?	Ассистенты лишь предупреждают и оказывают кратковременную помощь	Ассистенты помогают рулить ИЛИ ускоряться/тормозить	Ассистенты помогают рулить И ускоряться/тормозить	Система может самостоятельно вести автомобиль только при одновременном выполнении нескольких условий		Система может самостоятельно вести автомобиль при любых условиях
Примеры систем	<ul style="list-style-type: none"> <li>Автоматическое экстренное торможение;</li> <li>Предупреждение о слепых зонах;</li> <li>Предупреждение о покидании полосы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Удержание в полосе ИЛИ</li> <li>Адаптивный круиз-контроль</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Удержание в полосе И</li> <li>Адаптивный круиз-контроль одновременно</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ассистент движения в дорожных заторах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Местное беспилотное такси;</li> <li>У автомобиля может не быть руля и педалей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>То же самое, что уровень 4, но способность автономного передвижения сохраняется везде</li> </ul>

Рис. 1. Уровни автоматизации вождения

Данная статья посвящена как краткому описанию и внедрению беспилотного автотранспорта, так и анализу перевозимого им груза в Санкт-Петербурге и в другие города.

Сначала дадим определение беспилотному автотранспорту согласно Электронной Энциклопедии Википедии под ним подразумевается «Беспилотный автомобиль – транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека» [12]. Исходя из этого определения существующий беспилотный автотранспорт пока нельзя отнести полностью к таковому, так как пока еще в автомобилях присутствует человек, который может вмешаться в его движение при появлении нестандартной ситуации на дороге.

Перевозка грузов автотранспортом, как в самих городах, так и между ними, в особенности в городах с большим количеством населения, является актуальным вопросом во всех странах мира и, естественно, в Санкт-Петербурге и тем более в Москве, которые не являются исключением из этого правила. Ниже рассматривается анализ, который был произведен на основе статистических данных перевезенного груза автомобильным транспортом в Санкт-Петербурге с 2000 по 2020 гг., и их прогноз на ближайшие 9 лет [13]. Сюда, естественно включены перевозки между городами. В настоящее время, в соответствии со статистическими данными, в Санкт-Петербурге насчитывается 231735 грузовых



автомобилей [14].

В таблице 1 представлены значения перевезенного груза автотранспортом, из которой видно, что с 2000 года по 2020 год были значительный спады перевезенного груза автотранспортом в 2008, 2010, 2014 и в 2017 годы. К одной из причин первого большого спада перевезенного груза можно отнести разразившийся международный экономический кризис в 2008 году.

Как видно из таблицы 1, несмотря на пандемию COVID-19 в стране, количество перевезенного груза стало постепенно увеличиваться, начиная с 2017 года.

Таблица 1 – Количество перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге с 2000 по 2020 годы, млн.т.

№	Год	Млн.т.	№	Год	Млн.т.
1	2	3	4	5	6
1	2000	31,7	12	2011	34,5
2	2001	26,9	13	2012	38,0
3	2002	21,2	14	2013	35,9
4	2003	20,7	15	2014	26,4
5	2004	26,5	16	2015	32,5
6	2005	26,0	17	2016	24,7
7	2006	37,6	18	2017	19,4
8	2007	37,8	19	2018	22,6
9	2008	43,5	20	2019	23,3
10	2009	34,2	21	2020	29,0
11	2010	30,7			

Исходя из данных, представленных в таблице 1, был построен рисунок 2, который дает более наглядное представление о росте и спаде количества перевозимых грузов.

Теперь произведем анализ количества перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге по годам для чего воспользуемся Линией Тренда в MS Excel. На основе Линии Тренда были построены следующие девять графиков, представленные на рисунках 3–11. Для лучшего восприятия полученных уравнений они были сгруппированы и сведены в отдельную таблицу 2 по степени уменьшения достоверности величины аппроксимации  $R^2$ . Для выбора уравнения, позволяющего произвести прогноз перевезенного груза в Санкт-Петербурге на следующие годы, были также произведены такие расчеты как: среднее значение всех полученных результатов по девяти уравнениям, среднееквадратичное отклонение  $s$  и коэффициент вариации  $V$  [15, 16].

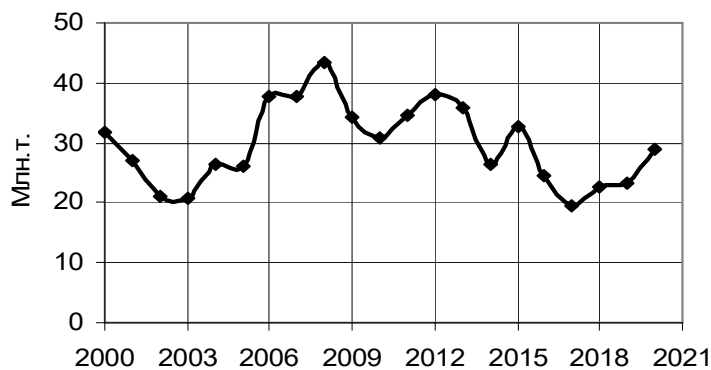


Рис. 2. График зависимости перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге по годам, млн.т.

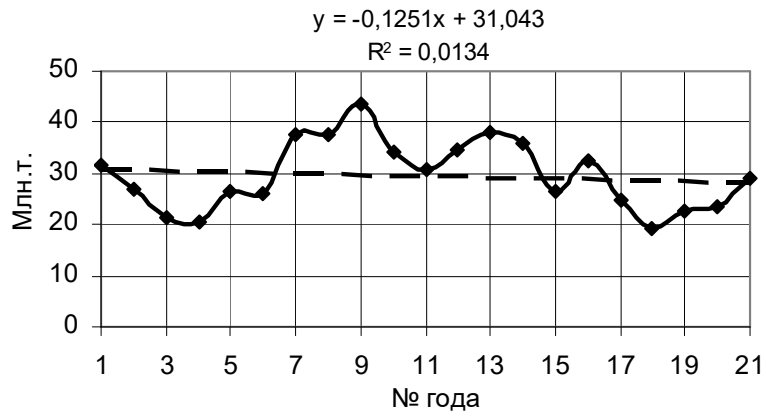


Рис. 3. Линейное уравнение

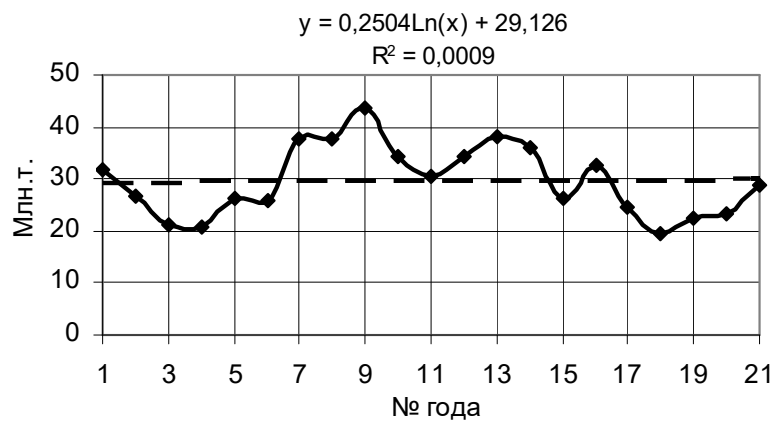


Рис. 4. Логарифмическое уравнение

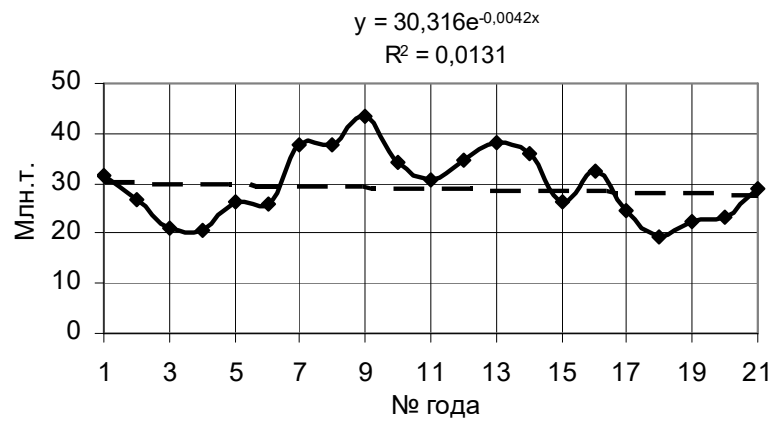


Рис. 5. Экспоненциальное уравнение

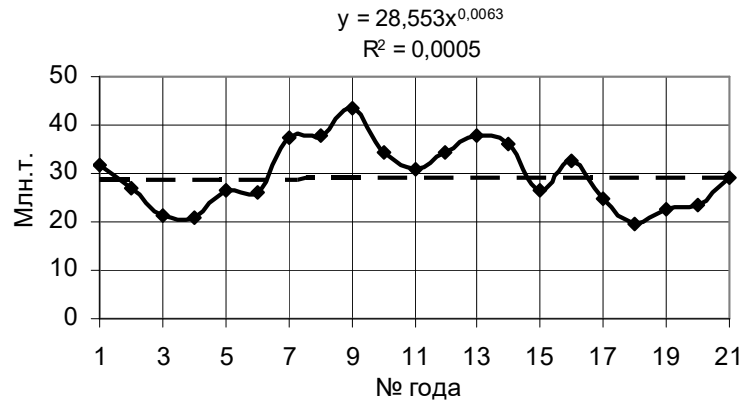


Рис. 6. Степенное уравнение

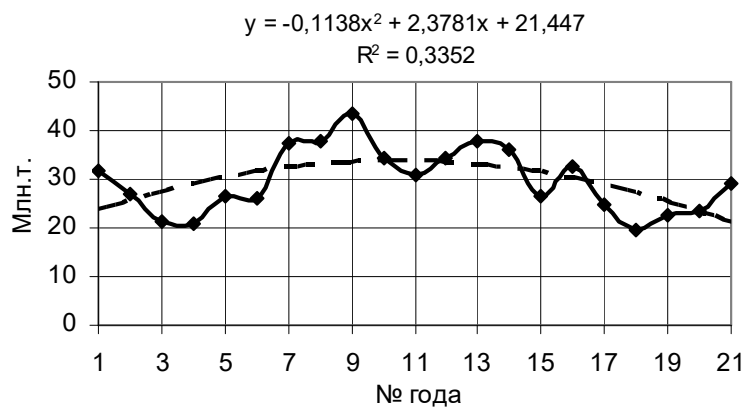


Рис. 7. Полиномиальное уравнение n = 2

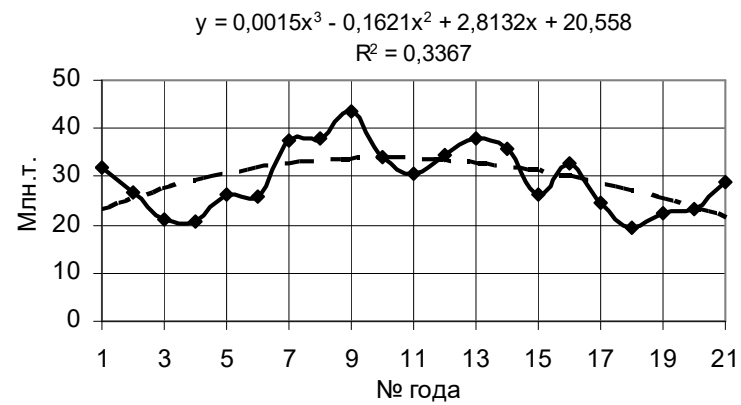


Рис. 8. Полиномиальное уравнение n = 3

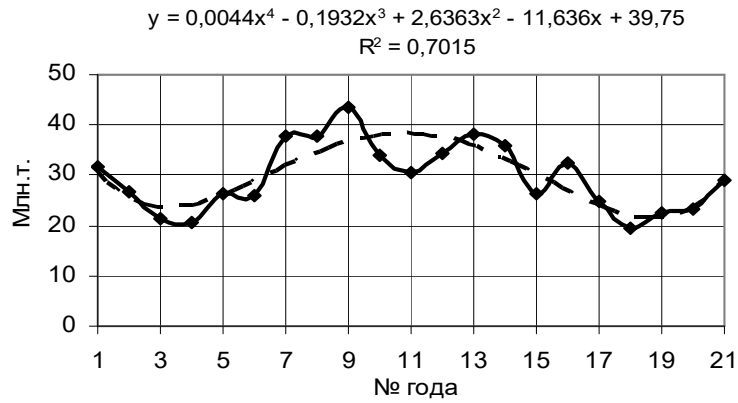


Рис. 9. Полиномиальное уравнение  $n = 4$

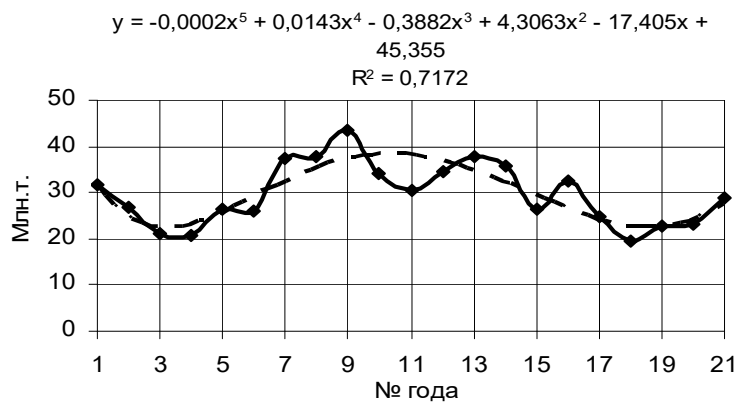


Рис. 10. Полиномиальное уравнение  $n = 5$

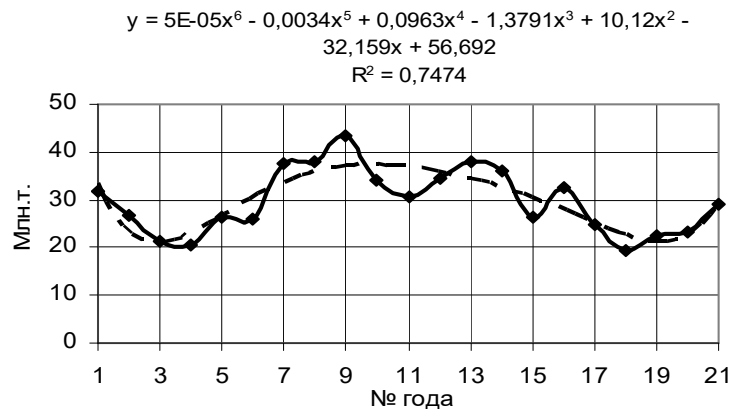


Рис. 11. Полиномиальное уравнение  $n = 6$

Из представленных данных в таблице 2 видно, что величины аппроксимации  $R^2$  в столбце 4 для полиномиальных уравнений максимальное значение равно 0,7474 было у степени  $n = 6$  после чего они идут на уменьшение вплоть до 0,0005 для степенного уравнения. Полученные уравнения можно использовать их для прогноза перевозимого груза автотранспортом в Санкт-Петербурге в рассматриваемый период времени с 2021 по 2030 гг., но с определенными оговорками.



Таблица 2 – Сводная таблица уравнений и величин аппроксимаций  $R^2$  по степени уменьшения.

№	Уравнение	Вид уравнения	величина аппроксимации $R^2$
1	2	3	4
1	полиномиальное $n = 6$	$y = 5E-05x^6 - 0,0034x^5 + 0,0963x^4 - 1,3791x^3 + 10,12x^2 - 32,159x + 56,692$	0,7474
2	полиномиальное $n = 5$	$y = -0,0002x^5 + 0,0143x^4 - 0,3882x^3 + 4,3063x^2 - 17,405x + 45,355$	0,7172
3	полиномиальное $n = 4$	$y = 0,0044x^4 - 0,1932x^3 + 2,6363x^2 - 11,636x + 39,75$	0,7015
4	полиномиальное $n = 3$	$y = 0,0015x^3 - 0,1621x^2 + 2,8132x + 20,558$	0,3367
5	полиномиальное $n = 2$	$y = -0,1138x^2 + 2,3781x + 21,447$	0,3352
9	линейное	$y = -0,1251x + 31,043$	0,0134
8	экспоненциальное	$y = 30,316e^{-0,0042x}$	0,0131
6	логарифмическое	$y = 0,2504\ln(x) + 29,126$	0,0009
7	степенное	$y = 28,553x^{0,0063}$	0,0005

Полученные результаты перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге по годам по девяти уравнениям были сведены в таблицу 3, которая представлена ниже.

Таблица 3 – Сводная таблица перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге по годам, млн.т.

№	Год	Млн.т.	Лин	Лог	Эксп	Степ	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2000	31,7	30,9	29,1	30,2	28,6	23,7	23,2	30,6	31,9	33,4
2	2001	26,9	30,8	29,3	30,1	28,7	25,7	25,5	25,5	24,9	23,3
3	2002	21,2	30,7	29,4	29,9	28,8	27,6	27,6	23,7	22,5	21,1
4	2003	20,7	30,5	29,5	29,8	28,8	29,1	29,3	24,1	23,2	23,1
5	2004	26,5	30,4	29,5	29,7	28,8	30,5	30,8	26,1	25,8	26,9
6	2005	26,0	30,3	29,6	29,6	28,9	31,6	31,9	28,8	29,1	30,9
7	2006	37,6	30,2	29,6	29,4	28,9	32,5	32,8	31,8	32,3	34,4
8	2007	37,8	30,0	29,6	29,3	28,9	33,2	33,5	34,5	35,0	37,1
9	2008	43,5	29,9	29,7	29,2	29,0	33,6	33,8	36,6	36,5	39,2
10	2009	34,2	29,8	29,7	29,1	29,0	33,8	34,0	37,8	36,7	41,0
11	2010	30,7	29,7	29,7	28,9	29,0	33,8	33,9	38,0	35,4	42,8
12	2011	34,5	29,5	29,7	28,8	29,0	33,6	33,6	37,1	32,6	45,1
13	2012	38,0	29,4	29,8	28,7	29,0	33,1	33,0	35,2	28,1	48,4
14	2013	35,9	29,3	29,8	28,6	29,0	32,4	32,3	32,5	22,3	53,1
15	2014	26,4	29,2	29,8	28,5	29,0	31,5	31,3	29,1	15,1	59,7
16	2015	32,5	29,0	29,8	28,3	29,1	30,4	30,2	25,5	6,7	68,9
17	2016	24,7	28,9	29,8	28,2	29,1	29,0	28,9	22,1	-2,9	81,6
18	2017	19,4	28,8	29,8	28,1	29,1	27,4	27,4	19,6	-13,4	99,1
19	2018	22,6	28,7	29,9	28,0	29,1	25,5	25,8	18,6	-25,1	123,2
20	2019	23,3	28,5	29,9	27,9	29,1	23,5	24,0	19,9	-37,8	156,7
21	2020	29,0	28,4	29,9	27,8	29,1	21,2	22,0	24,5	-51,9	203,3



Ниже представлена таблица 4, в которой сведены все расчеты по прогнозу предполагаемого количества перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге на период с 2020 по 2030 годы. Здесь жирным шрифтом выделены те уравнения и полученные расчетные значения, которые можно рекомендовать при прогнозе. Как видно из данной таблицы расчетные значения перевезенного груза автотранспортом при использовании полиномиальных уравнений при  $n = 2$ ,  $n = 3$  и  $n = 5$  имеют даже отрицательные значения, а при использовании же  $n = 4$  и  $n = 6$  увеличились слишком значительно.

Таблица 4 – Прогноз количества перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге до 2030 года, млн.т.

№	Год	Лин.	лог	эксп	степ	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	2021	28,42	<b>29,89</b>	27,76	<b>29,11</b>	21,2	22,0	24,5	-51,9	203
2.	2022	28,29	<b>29,90</b>	27,64	<b>29,11</b>	18,7	20,0	33,3	-67,7	268
3.	2023	28,17	<b>29,91</b>	27,52	<b>29,12</b>	15,9	17,8	47,4	-85,7	358
4.	2024	28,04	<b>29,92</b>	27,41	<b>29,13</b>	13,0	15,4	68,0	-106,5	482
5.	2025	27,92	<b>29,93</b>	27,29	<b>29,14</b>	9,8	13,0	96,5	-131,1	650
6.	2026	27,79	<b>29,94</b>	27,18	<b>29,15</b>	6,3	10,5	134,4	-160,6	879
7.	2027	27,67	<b>29,95</b>	27,07	<b>29,15</b>	2,7	7,9	183,0	-196,4	1184
8.	2028	27,54	<b>29,96</b>	26,95	<b>29,16</b>	-1,2	5,2	244,2	-240,1	1587
9.	2029	27,42	<b>29,97</b>	26,84	<b>29,17</b>	-5,3	2,4	319,5	-293,7	2115
10.	2030	27,29	<b>29,98</b>	26,73	<b>29,17</b>	-9,6	-0,4	410,9	-359,5	2797

Используя данные из таблицы 4, была построена таблица 5 в качестве окончательного результата.

Таблица 5 – Прогноз количества перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге до 2030 года с использованием выбранных уравнений, млн.т.

№	Год	Лог	Степ	Среднее значение
1	2	3	4	5
1	2021	29,89	29,11	29,50
2	2022	29,90	29,11	29,51
3	2023	29,91	29,12	29,52
4	2024	29,92	29,13	29,53
5	2025	29,93	29,14	29,54
6	2026	29,94	29,15	29,55
7	2027	29,95	29,15	29,55
8	2028	29,96	29,16	29,56
9	2029	29,97	29,17	29,57
10	2030	29,98	29,17	29,58

На основе таблицы 5, был построен рисунок 11. Этот рисунок показывает область, в которой могут варьироваться количество перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге до 2030 года. На данном рисунке также представлена зависимость для среднего значения перевезенного груза автотранспортом. Как видно из рисунка 11 идет постепенное увеличение перевезенного груза.

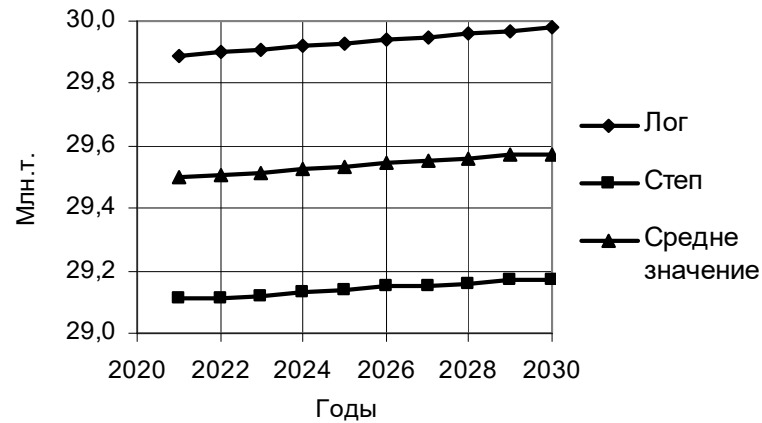


Рис. 12. Область прогноза количества перевезенного груза автотранспортом в Санкт-Петербурге до 2030 с использованием логарифмического и степенного уравнений

На основе представленного выше материала можно сделать вывод, что прогноз количества перевезенного груза автотранспортом идет постепенное увеличение несмотря на то, что уже второй год в России, как и во всех остальных странах, бушует эпидемия коронавируса Covid-19.

Для перевозки груза автотранспортом из Санкт-Петербурга в Москву можно использовать два варианта, в зависимости от промежуточных остановок для погрузки или разгрузки груза, что и показано на рис. 12 при этом расстояние из Санкт-Петербурга до Москвы через Тихвин составит 863 км, а через Великий Новгород 705 км. Для перемещения грузов с использованием беспилотного автотранспорта следует воспользоваться платной трассой М-11 «Нева», которая была введена в эксплуатацию 27 ноября 2019 года и ее расстояние составляет 669 км. Как заявил Андрей Белоусов: «Если говорить про беспилотники на дорогах, идея состоит в том, чтобы запустить в I квартале 2024 года по трассе М-11 движение беспилотной перевозки грузов. Не людей, только грузов. Человек присутствует в кабине, но вмешивается только в аварийной ситуации. Они поедут в общем потоке, это принципиально, потому что, если делать выделенное движение, это очень дорого» [17]. Правда, для реализации проекта, необходимо прежде построить на магистрали обход Твери протяженностью 62 км, из-за отсутствия которого машины сейчас вынуждены съезжать на трассу М-10 «Россия», где сейчас много пересечений с другими дорогами в одном уровне, светофорного регулирования и т. п., что будет снижать безопасность беспилотных перевозок. Здесь можно предложить вариант беспилотных машин, которые будут перемещаться вдоль трассы с использованием индуктивной связи, маршрут которых определяется заложенным под полотном дороги на небольшой глубине проводником [18]. Карта трассы М-11 «Нева» представлена ниже на рис. 13.



Рис.13. Варианты перевозки груза автотранспортом из Санкт-Петербурга в Москву



Рис.14. Карта трассы М-11 «Нева»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китайский грузовой беспилотник AT200 "пошёл в серию" [Электронный ресурс] // Topwar - URL: <https://topwar.ru/153631-kitajskij-gruzovoj-bespilotnik-at200-poshel-v-seriju.html> (дата обращения: 09.10.2021).
2. Сергей ВАСИЛЕНКОВ Беспилотные грузовики в России [Электронный ресурс] // Transler - URL: [http://transler.ru/articles/tehnologija/bespilotnie\\_gruzoviki\\_v\\_rossii.html](http://transler.ru/articles/tehnologija/bespilotnie_gruzoviki_v_rossii.html) (дата обращения: 09.10.2021).
3. Беспилотный грузовик впервые доставил груз с одного побережья США до другого [Электронный ресурс] // VK - URL: <https://vk.com/@takelajniki-posmotrite-kak-glavnyi-konkurent-cybertruk-razvorachivaetsya> (дата обращения: 09.10.2021).
4. Проведена первая беспилотная перевозка груза [Электронный ресурс] // Ucsol - URL: <https://ucsol.ru/novosti/provedena-pervaya-bespilotnaya-perevozka-gruza> (дата обращения: 09.10.2021).
5. Беспилотный тримаран SeaHunter проплыл почти 10 тыс. км от Калифорнии до Гавайев и обратно [Электронный ресурс] // Hightech - URL: <https://hightech.fm/2019/02/06/seahunter-swim> (дата обращения: 09.10.2021).
6. Безрельсовый трамвай [Электронный ресурс] // Тренинг-центр «М3» - URL: <http://m3center.ru/info/ru/bude-perehodim-na-transport-budusego-letausie-taksi-bespilotnye-poezda-i-avtobusy-na-kofe/> (дата обращения: 09.10.2021).
7. Беспилотные автобусы и трамваи: где уже курсирует транспорт [Электронный ресурс] // Авто - URL: [https://auto.mail.ru/article/70502-bespilotnye\\_avtobusy\\_i\\_tramvai\\_gde\\_uzhe\\_kursiruet\\_transport/](https://auto.mail.ru/article/70502-bespilotnye_avtobusy_i_tramvai_gde_uzhe_kursiruet_transport/) (дата обращения: 09.10.2021).
8. В Москве пройдут испытания российского беспилотного трамвая [Электронный ресурс] // Ведомости - URL: [https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/02/10/793738-ispitaniya-tramvaya?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/02/10/793738-ispitaniya-tramvaya?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop) (дата обращения: 09.10.2021).



9. В РФ создадут трамвай-беспилотник с машинным зрением и космическими технологиями [Электронный ресурс] // Youtube - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=KdG62F78O80> (дата обращения: 09.10.2021).
10. В Австралии появилась беспилотные поезда. Они перевозят грузы по стране на расстояние в 1,2 тыс. км. [Электронный ресурс] // Hightech - URL: <https://hightech.fm/2018/12/29/rio-tinto> (дата обращения: 09.10.2021).
11. Шесть уровней беспилотного вождения: как это выглядит сегодня [Электронный ресурс] // Авто - URL: [https://auto.mail.ru/article/71548-shest\\_urovnei\\_bespilotnogo\\_vozhdeniya\\_kak\\_eto\\_vyglyadit\\_segodnya/](https://auto.mail.ru/article/71548-shest_urovnei_bespilotnogo_vozhdeniya_kak_eto_vyglyadit_segodnya/) (дата обращения: 09.10.2021).
12. Беспилотный автомобиль определение [Электронный ресурс] // Википедия Hightech - URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный\\_автомобиль](https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_автомобиль) (дата обращения: 09.10.2021).
13. Статистический справочник России. Перевезено грузов автомобильным транспортом по субъектам Российской Федерации 2000–2020 (дата обращения: 05.10.2021).
14. Статистический справочник России. 2000–2020. Наличие грузовых автомобилей по субъектам Российской Федерации (дата обращения: 05.10.2021).
15. Подбор формул по графику Линия тренда [Электронный ресурс] // <http://kuprava.narod.ru/abkhaz/excel11.doc> (дата обращения: 05.10.2021).
16. Пиль Э.А. Анализ ВВП и населения различных стран мира с 1960 по 2006 гг. и их прогноз до 2030 г. // СПб.: Астерион, 2012. – 560 с.
17. Грузовые беспилотные перевозки на трассе М-11 «Нева» [Электронный ресурс] // VK - URL: [https://vk.com/wall-108040038\\_699815](https://vk.com/wall-108040038_699815) (дата обращения: 5.10.2021).
18. Автоматические транспортные тележки [Электронный ресурс] // Megalektsii - URL: <https://megalektsii.ru/s209t8.html> (дата обращения: 05.10.2021).

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Пиль Эдуард Анатольевич —**

д.т.н., профессор кафедры системного анализа и логистики  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: [epyle@rambler.ru](mailto:epyle@rambler.ru)

**Ковалев Тимофей Николаевич —**

Магистр кафедры системного анализа и логистики  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А  
E-mail: [kovalev\\_tima@mail.ru](mailto:kovalev_tima@mail.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Pil Eduard Anatolyevich —**

Dr. Sc., professor of the department of system analysis and logistics  
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: [epyle@rambler.ru](mailto:epyle@rambler.ru)

**Kovalev Timofey Nikolaevich**

master's degree of the department of system analysis and logistics  
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia  
E-mail: [kovalev\\_tima@mail.ru](mailto:kovalev_tima@mail.ru)