



## ПРОГНОЗ ОБЪЕМА ПЕРЕВЕЗЕННЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Э. А. Пиль**

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, Ленинградская область, анализ, прогноз.*

**Для цитирования:**

*Пиль Э. А. Прогноз объема перевезенных грузов автомобильным транспортом в Ленинградской области // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №1(31), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2022 – с. 63-71. ПИИЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-63-71.*

## FORECAST OF THE VOLUME OF TRANSPORTED GOODS BY ROAD IN THE LENINGRAD REGION

**E.A. Pil**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*The article presents an analysis of transported goods by motor transport 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 inclusive. 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.*

*Keywords: cargo, motor transport, Leningrad region, analysis, forecast.*

**For citation:**

*Pil E. A. Forecast of the volume of transported goods by road in the Leningrad region // System analysis and logistics.: №1(31), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2022 –p 63-71. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-63-71.*

Перевозка грузов, в особенности в таких больших странах как Россия, является актуальным вопросом. Ниже рассматривается анализ, который был произведен на основе статистических данных перевезенного груза автомобильным транспортом в Ленинградской области с 2000 по 2020 гг., и его прогноз на ближайшие 10 лет. В 2019 году, в соответствии со статистическими данными, в Ленинградской области насчитывалось 5319 грузовых автомобилей. Из них автомобили, использующие только бензин 1260, использующие только дизельное топливо 3979, использующие природный газ в качестве моторного топлива 64 и другие виды топлива 16 [1].

В настоящее время площадь Ленинградской области составляет 83908 кв. км. С запада на восток – 450 км, а с севера на юг 320 км. Население – 1813816 чел (данные 2018 г.).

Ленинградская область граничит со следующими странами и областями:

- с Финляндией;
- с Эстонией;
- с Республикой Карелия;
- с Вологодской областью;
- с Новгородской областью;
- с Псковской областью;
- с Санкт-Петербургом.

К полезным ископаемым относятся: бокситы, глина, фосфориты, сланцы, гранит,



известняк и рубрика, для чего, естественно, необходимо иметь соответствующий транспорт для их перевозки.

К главным рекам Ленинградской области относятся: Нева, Волхов, Свирь и Вуокса, что позволяет перевозить также грузы внутренним водным транспортом, как по России, так и за рубеж во время судоходства. [2].

В таблице 1 представлены данные по протяженности автомобильных дорог различного пользования на 2018 год в Ленинградской области [3].

Таблица 1 – Протяженность автомобильных дорог различного пользования на 2018 год, км.

Общая протяженность - всего	в том числе по значению:		
	федерального	регионального или межмуниципального	местного
22559,6	1702,1	9452,2	11405,3
Из гр. 1 - с твердым покрытием	в том числе по значению:		
	федерального	регионального или межмуниципального	местного
17784,8	1702,1	9048,7	7034,0
Из гр. 5 – с усовершенствованным покрытием	в том числе по значению:		
	федерального	регионального или межмуниципального	местного
10703,4	1696,8	6086,2	2920,4

Из таблицы 2 хорошо видно, что грузооборот по видам транспорта в миллиардах тонно-километрах автомобильный транспорт находится на 5 месте. Если же в таблице оставить только железнодорожный, автомобильный, морской, внутренний водный и воздушный, то в этом случае автомобильный транспорт будет уже на втором месте после железнодорожного, который перевозит в 9,36 раз больше. Это и следовало ожидать, так как один железнодорожный состав может, естественно, перевести значительно больше груза, чем одна груженная машина даже с прицепом [4].

Таблица 2 – Грузооборот по видам транспорта, в миллиардах тонно-километрах

1.	железнодорожный	2545
2.	автомобильный	272
3.	трубопроводный - всего	2470
4.	газопроводный	1221
5.	нефтепроводный	1197
6.	нефтепродуктопроводный	52
7.	морской	43
8.	внутренний водный	64
9.	воздушный	7,1
<b>ВСЕГО</b>		<b>5401</b>

В таблице 3 представлены значения перевезенного груза автотранспортом, из которой видно, что в 2002, 2008, 2010, 2013, 2016 и в 2020 годах были спады перевезенного груза автотранспортом. В особенности был значительный спад, практически в 2 раза, в 2020 году ввиду пандемии COVID-19. К одной из причин первого большого спада перевезенного груза



можно также ещё отнести разразившийся международный экономический кризис в 2008 году.

Как видно из таблицы 3 количество перевезенного груза в Ленинградской области, стало постепенно увеличиваться, начиная с 2000 года до 2020, которое составило почти в 3 раза, не смотря на ряд спадов [5].

Таблица 3 – Количество перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области с 2000 по 2020 годы, в миллиардах тонно-километрах

№	Год	млрд.т/км	№	Год	млрд.т/км
1	2	3	4	5	6
1	2000	1272	12	2011	2295
2	2001	1197	13	2012	3130
3	2002	891	14	2013	2200
4	2003	1204	15	2014	2590
5	2004	1346	16	2015	3058
6	2005	1585	17	2016	2697
7	2006	2250	18	2017	3664
8	2007	2829	19	2018	3572
9	2008	1791	20	2019	3601
10	2009	2034	21	2020	1847
11	2010	1892			

Исходя из данных, представленных в таблице 3, был построен рисунок 1, который дает более наглядное представление о росте и спаде количества перевозимых грузов в Ленинградской области.

Теперь произведем анализ количества перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области по годам для чего воспользуемся Линией Тренда в MS Excel. На основе Линии Тренда были построены следующие девять графиков, представленные на рисунках 2-10. Для лучшего восприятия полученных уравнений они были сгруппированы и сведены в отдельную таблицу 4 по степени уменьшения достоверности величины аппроксимации  $R^2$ . Для выбора уравнения, позволяющего произвести прогноз перевезенного груза в Ленинградской области на следующие годы, были также произведены такие расчеты как: среднее значение всех полученных результатов по девяти уравнениям, среднеквадратичное отклонение  $s$  и коэффициент вариации  $V$  [6, 7, 8, 9, 10].

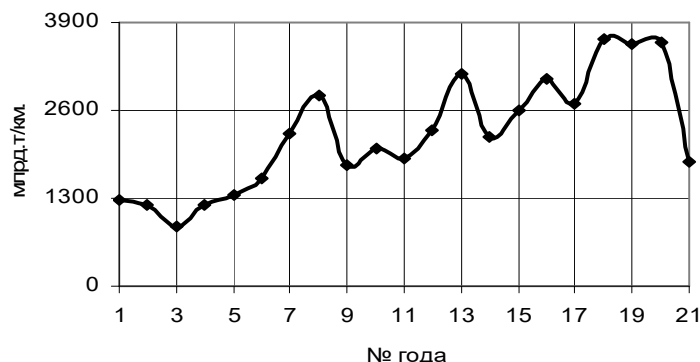


Рис. 1. График зависимости перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области по годам, млрд.т/км

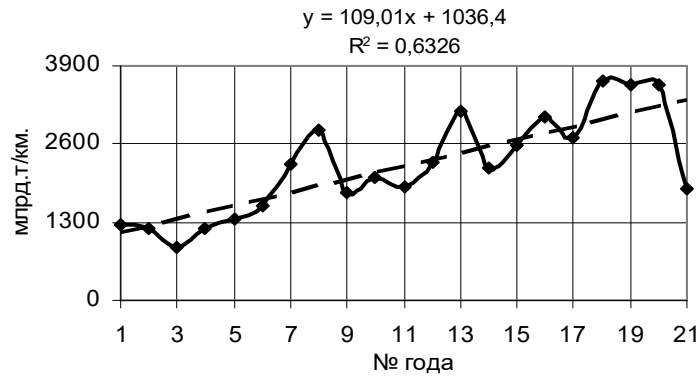


Рис. 2. Линейное уравнение

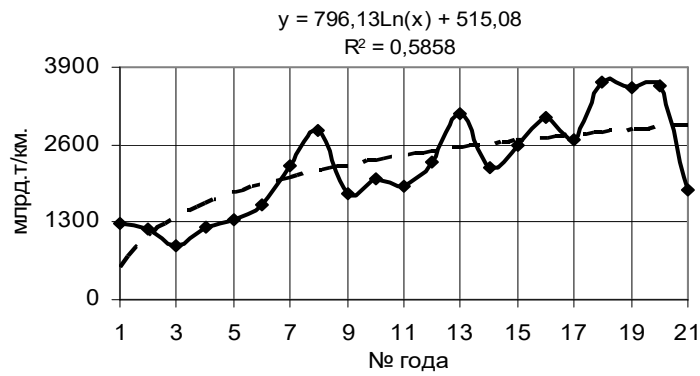


Рис. 3. Логарифмическое уравнение

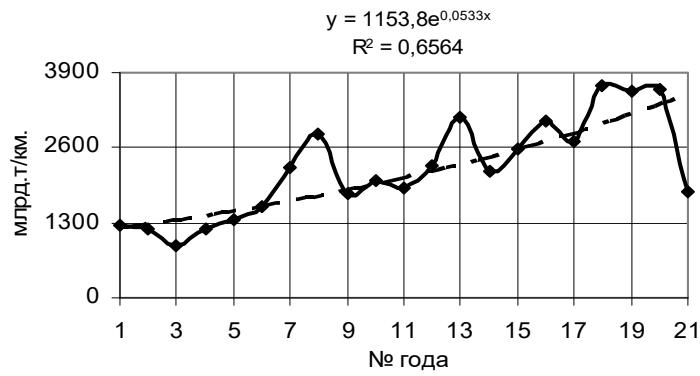


Рис. 4. Экспоненциальное уравнение

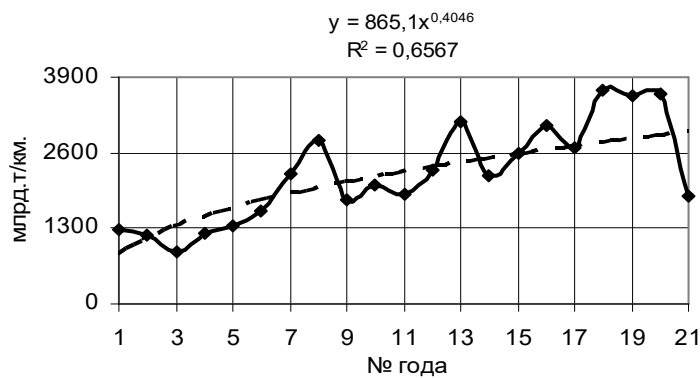


Рис. 5. Степенное уравнение

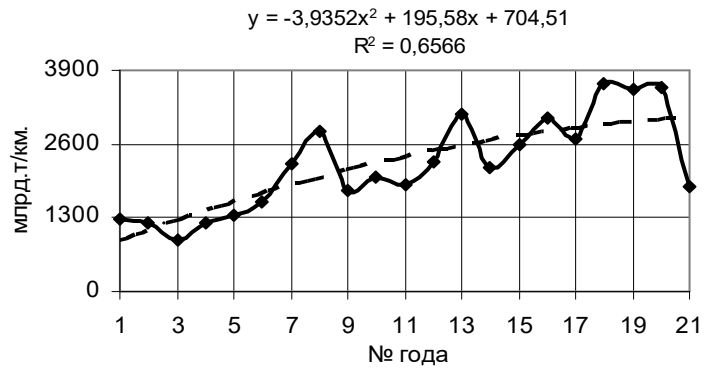


Рис. 6. Полиномиальное уравнение  $n = 2$

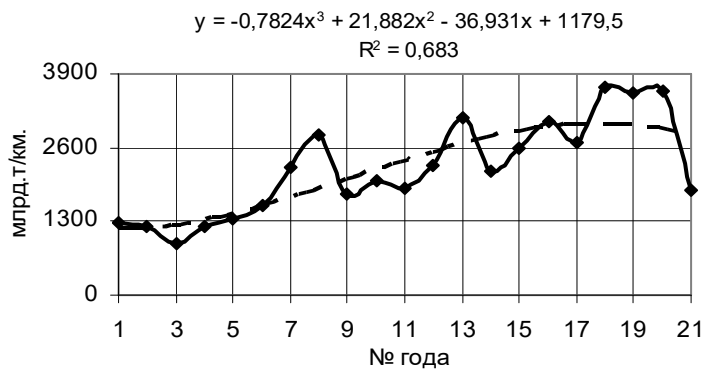


Рис. . Полиномиальное уравнение  $n = 3$

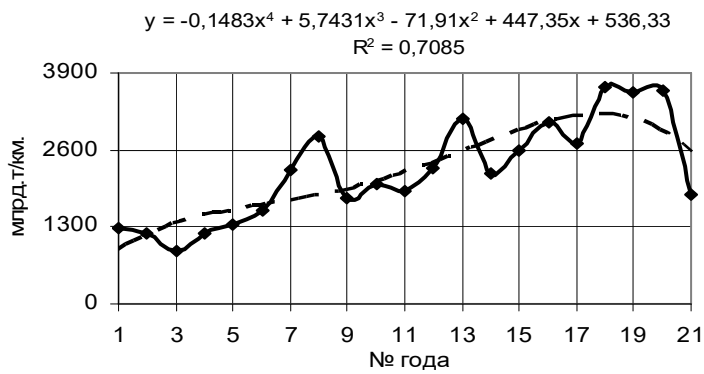


Рис. 8. Полиномиальное уравнение  $n = 4$

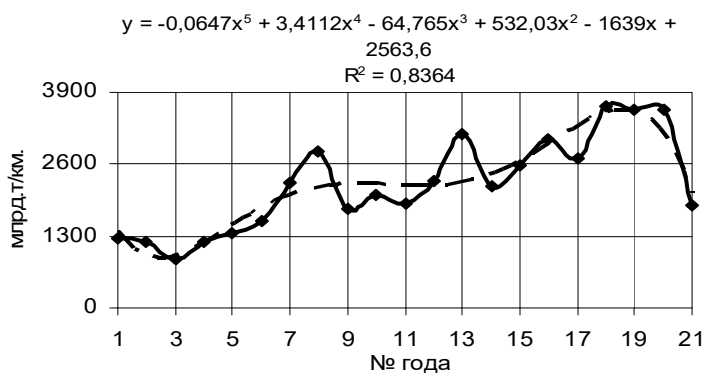


Рис. 9. Полиномиальное уравнение  $n = 5$

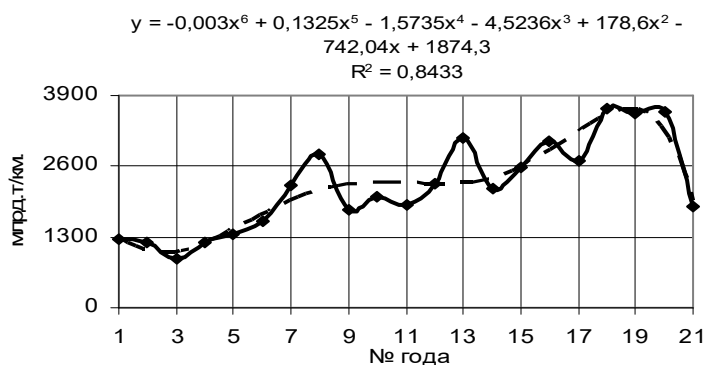


Рис. 10. Полиномиальное уравнение  $n = 6$

Из представленных данных в таблице 4 видно, что величины аппроксимации  $R^2$  в столбце 4 для полиномиальных уравнений максимальное значение равно 0,8433 было у степени  $n = 6$  после чего они идут на уменьшение вплоть до 0,5858 для логарифмического уравнения. Полученные уравнения можно использовать для прогноза перевозимого груза автотранспортом в Ленинградской области в рассматриваемый период времени с 2021 по 2030 гг.

Таблица 4 – Сводная таблица уравнений и величин аппроксимаций  $R^2$  по степени уменьшения.

№	Уравнение	Вид уравнения	величина аппроксимации $R^2$
1	2	3	4
1	полиномиальное $n = 6$	$y = -0,003x^6 + 0,1325x^5 - 1,5735x^4 - 4,5236x^3 + 178,6x^2 - 742,04x + 1874,3$	0,8433
2	полиномиальное $n = 5$	$y = -0,0647x^5 + 3,4112x^4 - 64,765x^3 + 532,03x^2 - 1639x + 2563,6$	0,8364
3	полиномиальное $n = 4$	$y = -0,1483x^4 + 5,7431x^3 - 71,91x^2 + 447,35x + 536,33$	0,7085
4	полиномиальное $n = 3$	$y = -0,7824x^3 + 21,882x^2 - 36,931x + 1179,5$	0,6830
5	степенное	$y = 865,1x^{0,4046}$	0,6567
6	полиномиальное $n = 2$	$y = -3,9352x^2 + 195,58x + 704,51$	0,6566
7	экспоненциальное	$y = 1153,8e0,0533x$	0,6564
8	линейное	$y = 109,01x + 1036,4$	0,6326
9	логарифмическое	$y = 796,13\text{Ln}(x) + 515,08$	0,5858

Результаты перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области по годам по девяти уравнениям были сведены в таблицу 5, которая представлена ниже.

Таблица 5 – Сводная таблица перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области по годам, млрд.т/км.

№	Год	млрд.т/км	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	1272	1145	515	1217	865	896	1164	917	1395	1305
2	2001	1197	1254	1067	2434	1145	1080	1187	1187	948	1047
3	2002	891	1363	1390	3651	1349	1256	1245	1374	947	1036



4	2003	1204	1472	1619	4868	1516	1424	1332	1505	1182	1195
5	2004	1346	1581	1796	6085	1659	1584	1444	1601	1504	1447
6	2005	1585	1690	1942	7302	1786	1736	1577	1680	1811	1726
7	2006	2250	1799	2064	8519	1901	1881	1725	1758	2049	1976
8	2007	2829	1908	2171	9736	2007	2017	1884	1846	2194	2163
9	2008	1791	2017	2264	10953	2105	2146	2049	1951	2254	2271
10	2009	2034	2127	2348	12170	2196	2267	2216	2079	2254	2305
11	2010	1892	2236	2424	13387	2283	2380	2380	2229	2231	2289
12	2011	2295	2345	2493	14604	2364	2485	2535	2398	2229	2256
13	2012	3130	2454	2557	15821	2442	2582	2679	2581	2286	2248
14	2013	2200	2563	2616	17038	2516	2671	2804	2767	2428	2304
15	2014	2590	2672	2671	18254	2588	2753	2908	2942	2664	2448
16	2015	3058	2781	2722	19471	2656	2826	2986	3090	2975	2678
17	2016	2697	2890	2771	20688	2722	2892	3032	3189	3309	2949
18	2017	3664	2999	2816	21905	2786	2950	3042	3216	3569	3154
19	2018	3572	3108	2859	23122	2847	3000	3011	3142	3610	3108
20	2019	3601	3217	2900	24339	2907	3042	2934	2936	3228	2525
21	2020	1847	3326	2939	25556	2965	3076	2808	2564	2153	990

Ниже представлена таблица 6, в которой сведены все расчеты по прогнозу предполагаемого количества перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области на период с 2021 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  $n = 3$ ,  $n = 4$  и  $n = 5$  имеют даже отрицательные значения, а при использовании  $n = 6$  вообще не имеют решения.

Таблица 6 – Прогноз количества перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области до 2030 года, млрд.т/км

№	Год	Лин.	лог	эсп	степ	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	2021	3326	<b>2939</b>	25556	<b>2965</b>	3076	2808	2564	2563,69	990
2.	2022	3435	<b>2976</b>	26773	<b>3021</b>	3103	2627	1986	1985,95	-2061
3.	2023	3544	<b>3011</b>	27990	<b>3076</b>	3121	2386	1161	1160,87	-7374
4.	2024	3653	<b>3045</b>	29207	<b>3130</b>	3132	2081	43	42,8036	-15906
5.	2025	3762	<b>3078</b>	30424	<b>3182</b>	3135	1707	-1417	-1417,4	-28858
6.	2026	3871	<b>3109</b>	31641	<b>3233</b>	3129	1260	-3273	-3272,5	-47709
7.	2027	3980	<b>3139</b>	32858	<b>3282</b>	3116	734,4	-5579	-5578,9	-74253
8.	2028	4089	<b>3168</b>	34075	<b>3331</b>	3096	125,7	-8396	-8396,3	-110641
9.	2029	4198	<b>3196</b>	35292	<b>3379</b>	3067	-571	-11788	-11788	-159418
10.	2030	4307	<b>3223</b>	36509	<b>3425</b>	3030	-1359	-15821	-15821	-223569

Используя данные из таблицы 6, была построена таблица 7 в качестве окончательного результата.



Таблица 7 – Прогноз количества перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области до 2030 года с использованием выбранных уравнений, млрд.т/км

№	Год	Логарифмическая	Степенная	Среднее значение
1	2	3	4	5
1	2021	2939	2965	2952
2	2022	2976	3021	2999
3	2023	3011	3076	3044
4	2024	3045	3130	3088
5	2025	3078	3182	3130
6	2026	3109	3233	3171
7	2027	3139	3282	3211
8	2028	3168	3331	3250
9	2029	3196	3379	3288
10	2030	3223	3425	3324

На основе таблицы 7, был построен рисунок 11. Этот рисунок показывает область, в которой могут варьироваться количество перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области до 2030 года. На данном рисунке также представлена зависимость для среднего значения перевезенного груза автотранспортом. Как видно из рисунка 11 идет стабильное постепенное увеличение перевезенного груза.

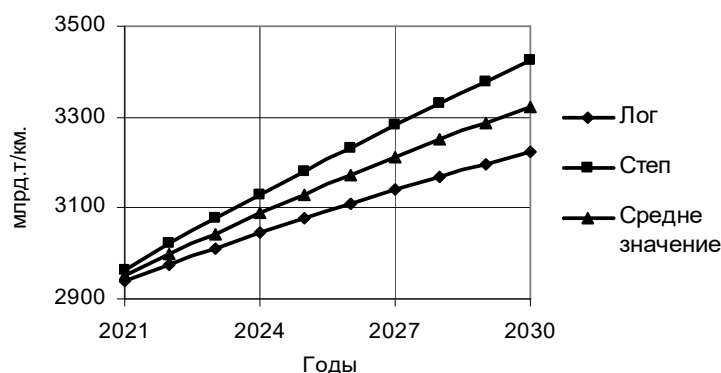


Рис. 11. Область прогноза количества перевезенного груза автотранспортом в Ленинградской области до 2030 с использованием логарифмического и степенного уравнений

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

Здесь следует еще отметить, что при анализе перевезенного груза в Санкт-Петербурге были выявлены также логарифмическое и степенное уравнения, с помощью которых можно произвести прогнозирование на следующие годы [11].





## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наличие грузовых автомобилей по субъектам Российской Федерации. Статистический справочник России. 2000-2020. (дата обращения: 25.2.2022).
2. Ленинградская область. Краткая информация [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.russian-travels.ru/?p=821> (дата обращения: 25.2.2022).
3. Протяженность автомобильных дорог общего пользования по субъектам Российской Федерации. Статистический справочник России. 2000-2020. (дата обращения: 25.2.2022).
4. Грузооборот по видам транспорта. Статистический справочник России. 2000-2020. (дата обращения: 25.2.2022).
5. Перевезено грузов автомобильным транспортом по субъектам Российской Федерации 2000-2020. Статистический справочник России. (дата обращения: 25.2.2022).
6. Подбор формул по графику Линия тренда [Электронный ресурс]. – URL: <http://kuprava.narod.ru/abkhaz/excel11.doc> (дата обращения: 25.2.2022).
7. Гарнаев А. Ю. Excel, VBA, Internet в экономике и финансах. “БХВ-Петербург”. 2001. – 816 с.: ил.
8. Макарова Н. В., Трофимец В. Я. Статистика в Excel: Учеб. Пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.: ил.
9. Вильям Орвис. Excel для ученых, инженеров и студентов: Пер. с англ. – К.: Юниор, 1999. – 528 с.: ил.
10. 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.: ил.
11. Пиль Э. А., Ковалев Т. Н. Использование логарифмическое и степенное уравнения для прогноза объема перевезенных грузов автомобильным транспортом в Санкт-Петербурге. Системный анализ и логистика. Выпуск №4 (30): – СПб.: ГУАП, 2021. – 153 с. - С. 11-21

## 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)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Pil Eduard Anatolyevich** –

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