



УДК 658(075)

DOI: 10.31799/2007-5687-2020-3-33-40

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗА ПО ЖЕЛЕЗНЫМ ДОРОГАМ РОССИИ

Э. А. Пиль

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье представлен анализ перевозки груза по железным дорогам и его прогноз с применением программы Линия Тренда, входящей в качестве программного обеспечения базы данных MS Excel. Этот анализ был основан на статистических данных за период с 2005 по 2019 годы. Полученные уравнения показали, что при прогнозе следует применять линейное, экспоненциальное, а также и полиномиальные уравнения второго и третьего порядка, на основе которых был произведен анализ до 2030 года.

Ключевые слова: перевозка груза, железные дороги, анализ, прогноз.

Для цитирования:

Пиль Э. А. Анализ и прогноз перевозок груза по железным дорогам России // Системный анализ и логистика: журнал. : выпуск №3(25), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2020 – с. 33-40. РИНЦ.

ANALYSIS AND FORECAST OF HAUL CARGO BY RAILWAYS OF RUSSIA

E. A. Pil

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The article presents an analysis of haul cargo by of Russia and its forecast using the Trend Line programmer, which is included as the MS Excel database software. This analysis was based on statistics from 2005 to 2019. As the result of calculating were been received nine equations showed that for forecast should use linear, exponential and polynomial equation of the second and third orders on the basis of which the analysis was made until 2030.

Keywords: cast haul, railway, analysis, forecast.

For citation:

Pil E. A. Analysis and forecast of haul cargo by railways of Russia // System analysis and logistics.: №3(25), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2020 – p. 33-40.

Россия является самой большой страной на всем земном шаре. Ее площадь достигает 17,1 миллионов квадратных метров. Расположено государство на Евразийском материке. Россия имеет большую протяженность с запада на восток и поэтому в ее регионах отмечается значительная разница во времени [1]. Россия имеет развитую сеть железнодорожных путей, которые позволяют осуществлять транспортное обслуживание в 77 из 85 субъектов Российской Федерации [2]. До недавнего времени в России была самая протяженная железнодорожная магистраль в мире длиной 9288 километров, которая связывает Европу и Азию [3]. Это магистраль позволяет быстро доставить необходимый груз, так, например, доставка груза из Санкт-Петербурга во Владивосток составит в среднем от 12 до 14 дней.

В представленной ниже таблице 1 сведена статистика перевозимого груза по железным дорогам России за период с 2005 по 2019 годы [4].

Таблица 1 – Статистика перевозки груза по железным дорогам России за период с 2005 по 2019 годы, тыс. тонн

№	Год	Количество груза, тыс. тонн	№ п/п	Год	Количество груза, тыс. тонн
1	2005	1273056	14	2013	1236811
2	2006	1311069	15	2014	1226932
3	2007	1344239	16	2015	1217948,6



4	2008	1303740	17	2016	1226951,1
5	2009	1108159	18	2017	1266482,1
6	2010	1205769	19	2018	1291504,7
7	2011	1241541	20	2019	1279419,6
8	2012	1271855			

На основе таблицы 1 был построен рисунок 1, на котором отображена зависимость количества перевезённого груза по годам по железным дорогам России. Как видно из рисунка 1, построенная кривая имеет два спада перевозимых грузов и особенно большой в 2009 году. Этот спад произошел по причинам развившегося финансового кризиса 2008-2009 из-за невозврата банковских кредитов населением в США и банкротств крупных ипотечных агентств Fannie Mae и Freddie Mac, а также банков Bear Stears и Lehman Brothers [5]. Этот финансовый кризис распространился по всему миру и также на Россию. Второй спад можно объяснить присоединением Крыма к России и началом санкций западных стран против нашей страны, что привело к падению рубля в два раза.

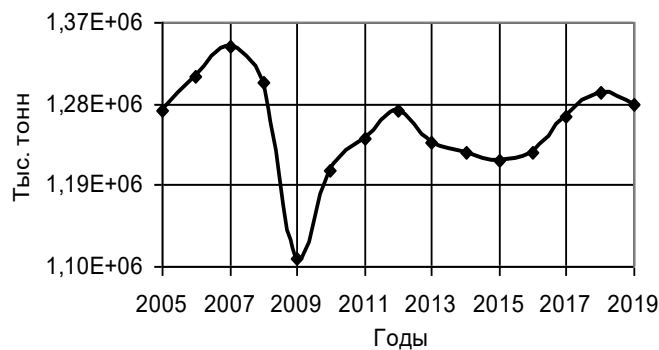


Рис. 1. График зависимости перевезенного груза по годам

Теперь произведем анализ грузоперевозок, используя Линию Тренда в MS Excel, на основе которой были построены следующие девять графиков, изображенные на рисунках 2-10. Для лучшего восприятия вида полученных уравнений они были сведены в отдельную таблицу 2 по степени уменьшения достоверности величины аппроксимации R^2 . Для выбора уравнения, позволяющего произвести прогноз перевозимого груза на следующие годы, были также произведены такие расчеты как: среднее значение всех расчетов по девяти уравнениям, среднеквадратичное отклонение s и коэффициент вариации V .

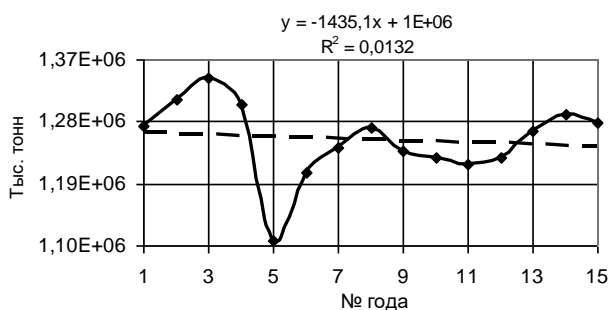


Рис. 2. Линейное уравнение

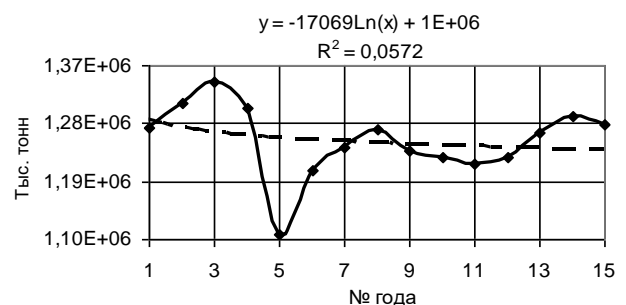


Рис. 3. Логарифмическое уравнение

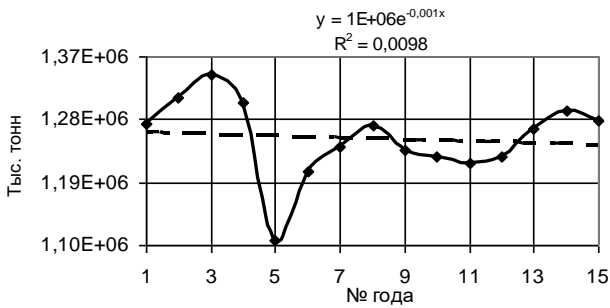


Рис. 4. Экспоненциальное уравнение

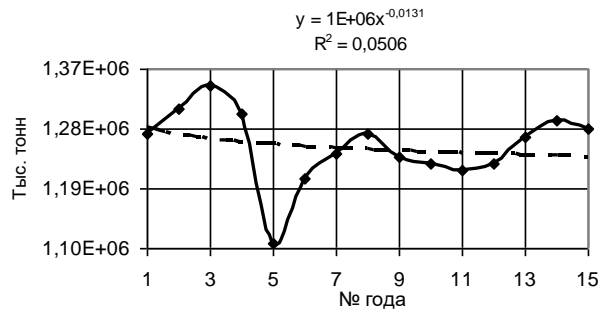


Рис. 5. Степенное уравнение

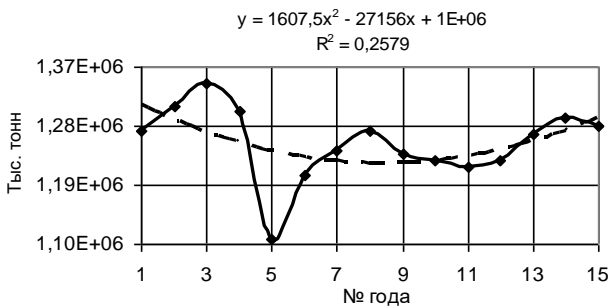


Рис. 6. Полиномиальное уравнение n = 2

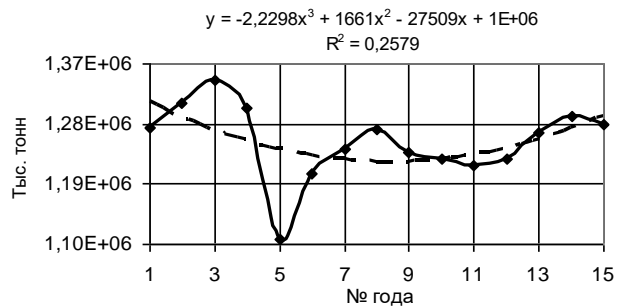


Рис. 7. Полиномиальное уравнение n = 3

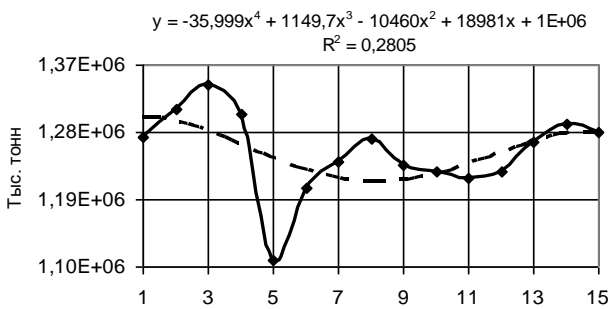


Рис. 8. Полиномиальное уравнение n = 4

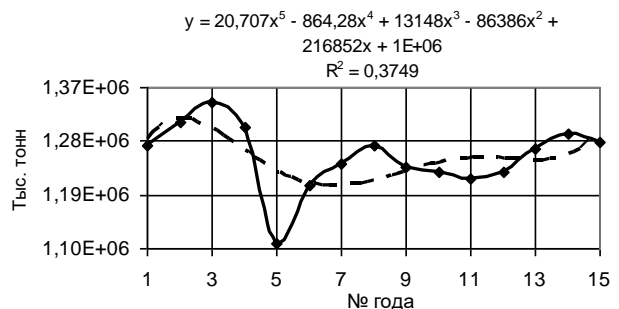


Рис. 9. Полиномиальное уравнение n = 5

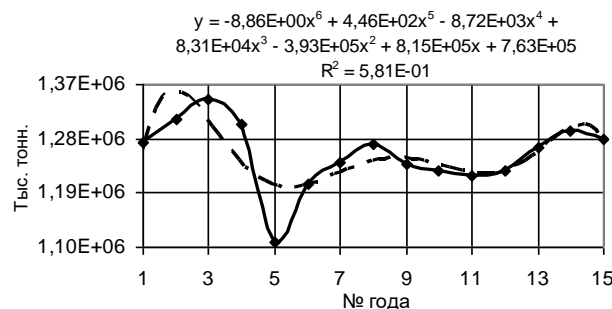


Рис. 10. Полиномиальное уравнение n = 6

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

№	Уравнение	Вид уравнения	величины аппроксимации R^2
1	полиномиальное n = 6	$y = -8,8589x^6 + 445,93x^5 - 8720,5x^4 + 83118x^3 - 393238x^2 + 815031x + 763296$	0,5806
2	полиномиальное n = 5	$y = 20,707x^5 - 864,28x^4 + 13148x^3 - 86386x^2 + 216852x + 1E+06$	0,3749



3	полиномиальное n = 4	$y = -35,999x^4 + 1149,7x^3 - 10460x^2 + 18981x + 1E+06$	0,2805
4	полиномиальное n = 3	$y = -2,2298x^3 + 1661x^2 - 27509x + 1E+06$	0,2579
5	полиномиальное n = 2	$y = 1607,5x^2 - 27156x + 1E+06$	0,2579
6	линейное	$y = 1E+06x - 0,0131$	0,0506
7	экспоненциальное	$y = 1E+06e^{-0,001x}$	0,0098
8	степенное	$y = -17069\text{Ln}(x) + 1E+06$	0,0572
9	логарифмическое	$y = -1435,1x + 1E+06$	0,0132

Как видно из таблицы 2, на первых пяти местах расположены полиномиальные уравнения по степени уменьшения значений R^2 и при этом максимальное значение коэффициента достоверности аппроксимации для полиномиального уравнения при $n = 6$ составляет только 0,5806, а минимальное 0,0132. Следовательно, использовать полученные уравнения для прогнозирования не имеет смысла, т.к. они не дадут достоверного результата. Поэтому был произведен новый анализ перевозимого груза с 2011 по 2019 годы. Полученные девять графиков представлены ниже на рисунках 11-19.

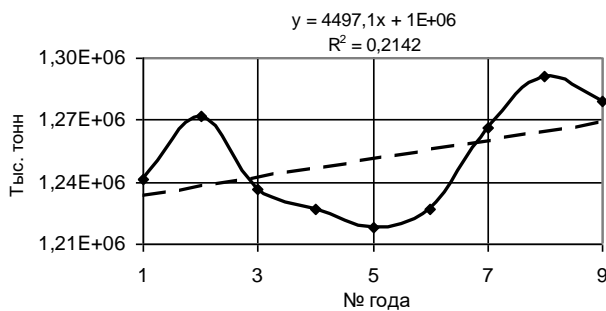


Рис. 11. Линейное уравнение

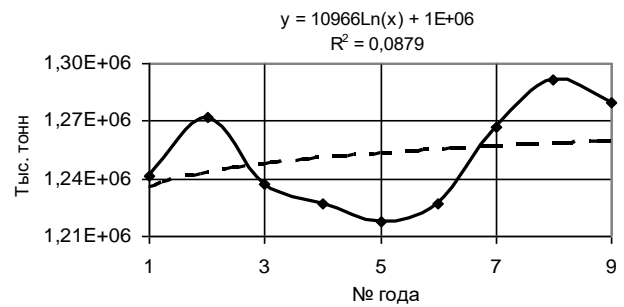


Рис. 12. Логарифмическое уравнение

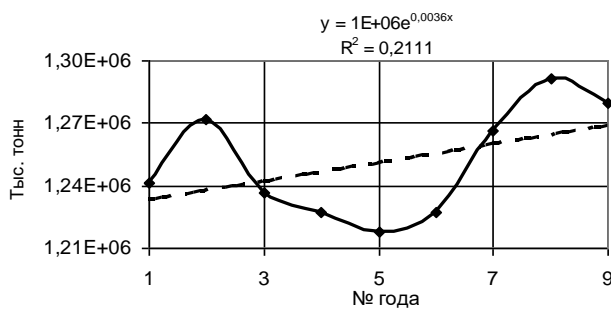


Рис. 13. Экспоненциальное уравнение

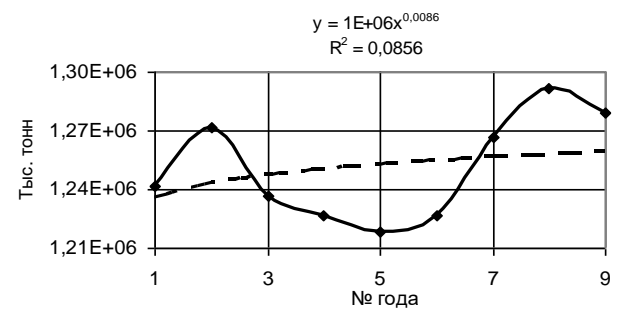


Рис. 14. Степенное уравнение

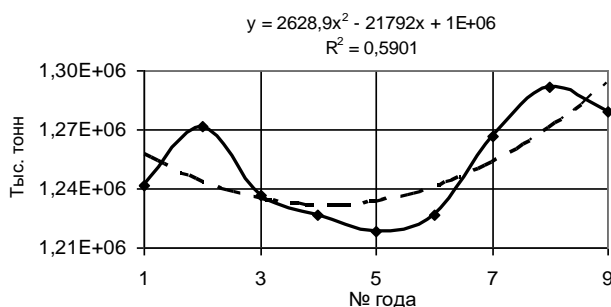


Рис. 15. Полиномиальное уравнение n = 2

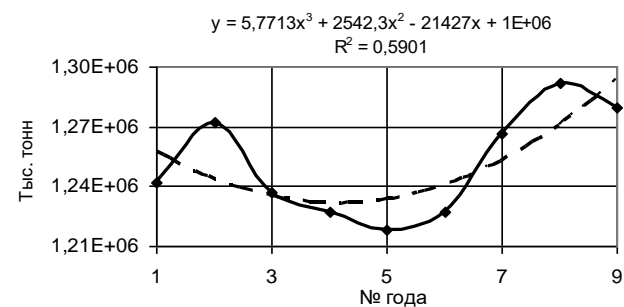


Рис. 16. Полиномиальное уравнение n = 3

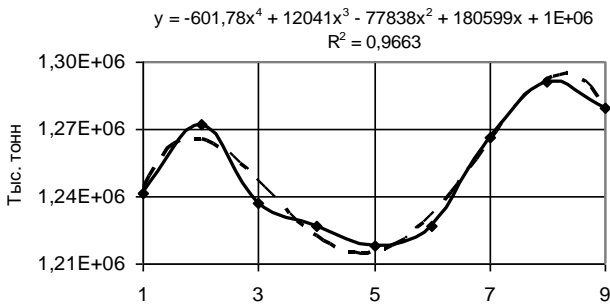


Рис. 17. Полиномиальное уравнение $n = 4$

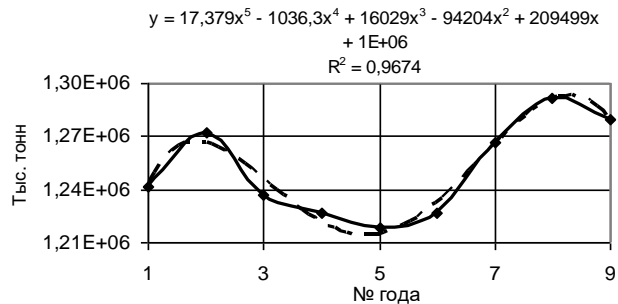


Рис. 18. Полиномиальное уравнение $n = 5$

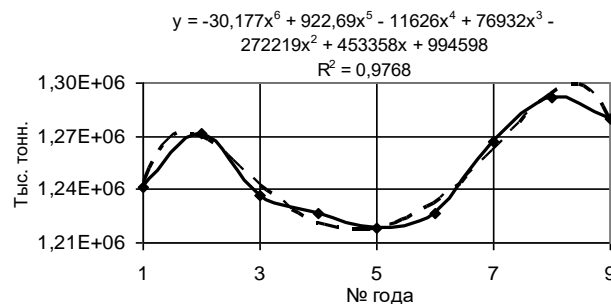


Рис. 19. Полиномиальное уравнение $n = 6$

На основе этих рисунков также была построена сводная таблица 3 полученных уравнений по степени уменьшения достоверности величины аппроксимации R^2 . Из данной таблицы видно, что здесь получились величины аппроксимации, значительно больше, чем в таблице 2. Эти уравнения и были взяты для прогноза перевозимого груза по железным дорогам России.

Для выбора уравнений, позволяющих произвести прогноз на следующие 2020-2030 годы, были также произведены такие расчеты как: среднее значение всех расчетов по девяти уравнениям, среднеквадратичное отклонение s и коэффициент вариации V .

Таблица 3 – Сводная таблица уравнений и величин аппроксимаций R^2 по степени уменьшения

№	Уравнение	Вид уравнения	величины аппроксимации R^2
1	полиномиальное $n = 6$	$y = -30,177x^6 + 922,69x^5 - 11626x^4 + 76932x^3 - 272219x^2 + 453358x + 994598$	0,9768
2	полиномиальное $n = 5$	$y = 17,379x^5 - 1036,3x^4 + 16029x^3 - 94204x^2 + 209499x + 1E+06$	0,9674
3	полиномиальное $n = 4$	$y = -601,78x^4 + 12041x^3 - 77838x^2 + 180599x + 1E+06$	0,9663
4	полиномиальное $n = 3$	$y = 5,7713x^3 + 2542,3x^2 - 21427x + 1E+06$	0,5901
5	полиномиальное $n = 2$	$y = 2628,9x^2 - 21792x + 1E+06$	0,5901
6	линейное	$y = 4497,1x + 1E+06$	0,2142
8	степенное	$y = 1E+06e0,0036x$	0,2111
7	экспоненциальное	$y = 10966\text{Ln}(x) + 1E+06$	0,0879
9	логарифмическое	$y = 1E+06x0,0086$	0,0856

Но здесь следует сразу оговориться, что представленные расчеты прогноза являются теоретическими, ввиду широкого распространения коронавируса по всему миру. Так, например,



аналитики предполагают, что ВВП страны упадет на 4,5% из-за коронавируса [6]. Поэтому кривая, построенная на рис. 1, продолжит свое падение с большой вероятностью.

Ниже представлена таблица 4, в которую сведены все расчеты по прогнозу перевозимого груза на период с 2020 по 2030 годы. Здесь жирным шрифтом выделены те уравнения и полученные расчетные значения, которые можно рекомендовать при прогнозе.

Таблица 4 – Прогноз перевозимых грузов по железным дорогам России с 2020 по 2030 гг. с использованием всех уравнений, тыс. тонн

№	Год	Линейная	Лог.	Экспон.	Степ.	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
1.	2020	1089942	1032851	1074655	1026098	1615720	1634550	-2,65E+07	-1,45E+07	-3,22E+08
2.	2021	1094439	1033386	1078531	1026529	1701713	1724635	-3,51E+07	-1,83E+07	-4,78E+08
3.	2022	1098936	1033896	1082421	1026939	1792964	1820532	-4,55E+07	-2,25E+07	-6,91E+08
4.	2023	1103433	1034384	1086325	1027332	1889472	1922275	-5,79E+07	-2,71E+07	-9,79E+08
5.	2024	1107930	1034851	1090242	1027708	1991238	2029899	-7,27E+07	-3,21E+07	-1,36E+09
6.	2025	1112428	1035298	1094174	1028069	2098263	2143439	-9,01E+07	-3,73E+07	-1,85E+09
7.	2026	1116925	1035728	1098120	1028416	2210544	2262929	-1,10E+08	-4,26E+07	-2,49E+09
8.	2027	1121422	1036142	1102081	1028750	2328084	2388404	-1,34E+08	-4,79E+07	-3,30E+09
9.	2028	1125919	1036541	1106055	1029072	2450882	2519899	-1,61E+08	-5,30E+07	-4,32E+09
10.	2029	1130416	1036926	1110044	1029382	2578937	2657448	-1,91E+08	-5,77E+07	-5,59E+09
11.	2030	1134913	1037298	1114048	1029682	2712250	2801085	-2,26E+08	-6,18E+07	-7,15E+09

На основе представленной таблицы 4 была построена таблица 5 в качестве окончательного результата.

Таблица 5 – Прогноз перевозимых грузов по железным дорогам России с 2020 по 2030 гг. с использованием всех уравнений, тыс. тонн

№	Год	Линейная тыс. тонн	Экспонента тыс. тонн	Полиномиальное n = 2 тыс. тонн	Полиномиальное n = 3 тыс. тонн
1	2020	1089942	1074655	1615720	1634550
2	2021	1094439	1078531	1701713	1724635
3	2022	1098936	1082421	1792964	1820532
4	2023	1103433	1086325	1889472	1922275
5	2024	1107930	1090242	1991238	2029899
6	2025	1112428	1094174	2098263	2143439
7	2026	1116925	1098120	2210544	2262929
8	2027	1121422	1102081	2328084	2388404
9	2028	1125919	1106055	2450882	2519899
10	2029	1130416	1110044	2578937	2657448
11	2030	1134913	1114048	2712250	2801085

Используя значения в таблице 5, были построены три рисунка 20-22. На первых двух рисунках 20 и 21 показаны линейная и экспоненциальная зависимости, а также полиномиальные зависимости второй и третьей степени. Эти рисунки показывают области, в которых могут варьироваться объемы перевозимых грузов по железным дорогам России. Но, так как были выявлены четыре уравнения,



позволяющие производить прогнозирование, поэтому на рисунке 22 представлены только две зависимости, которые более полно характеризуют расчетную область для перевозимых грузов.

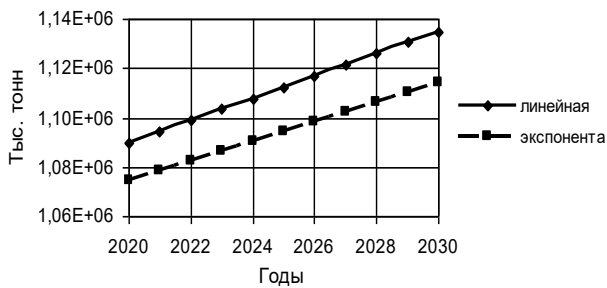


Рис. 20. Область прогноза перевозки груза до 2030 года с использованием линейного экспоненциального уравнений

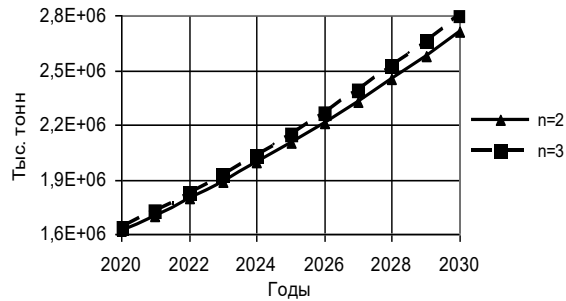


Рис. 21. Область прогноза перевозки груза до 2030 года с использованием полиномиального уравнения

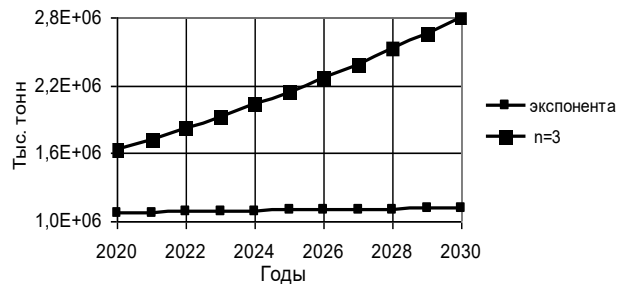


Рис. 22. Область прогноза перевозки груза до 2030 года с использованием всех выбранных уравнений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морская граница России. Границы РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: // <https://fb.ru/article/145470/morskaya-granitsa-rossii-granitsyi-rf> (дата обращения: 25.08.2020).
2. Российские железные дороги [Электронный ресурс]. — Режим доступа: // https://ru.wikipedia.org/wiki/Российские_железные_дороги (дата обращения: 25.08.2020).
3. Самые длинные железные дорого мира [Электронный ресурс]. — Режим доступа: // <https://thebiggest.ru/zdaniya-i-sooruzheniya/samye-dlinnye-zheleznye-dorogi.html> (дата обращения: 25.08.2020).
4. Статистический справочник России. 2005-2019
5. Причины экономического кризиса в России в 2008 году [Электронный ресурс]. — Режим доступа: // https://vuzlit.ru/762600/prichiny_ekonomicheskogo_krizisa_rossii_2008_godu (дата обращения: 25.08.2020).
6. Аналитики предсказали падение ВВП РФ на 4,5% из-за коронавируса [Электронный ресурс]. — Режим доступа: // <https://zaimisrochno.ru/news/4861-analitiki-predskazali-padenie-vvp-rf-na-45-iz-za-koronavirusa> (дата обращения: 25.08.2020).



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

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