

ТЕНДЕНЦИИ МИРОВЫХ ЗАПУСКОВ РАКЕТОНОСИТЕЛЕЙ**Е.А. Самохвалова**

katya_samohvalova@bk.ru

SPIN-код: 8988-2297

А.В. Шляхтенкова

figure4d@yandex.ru

SPIN-код: 3521-1203

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация**Аннотация**

Представлены исследования запусков ракетноносителей (РН) в мире за период 2007–2018 гг. Имеющиеся в открытых источниках сведения собраны в базу данных, реализованную в программе Access, что позволило оптимизировать работу с большим объемом информации в процессах поиска и выбора необходимых показателей. Также представлен графический и численный анализ прогнозирования запусков РН методами экстраполяции трендов и временного (динамического) ряда, выполненный в программе Excel. На основании полученных результатов можно сделать вывод о положительной динамике запусков космических аппаратов в ближайшей перспективе. Это, несомненно, свидетельствует о необходимости дальнейшего развития новых технологий производства изделий ракетно-космической техники, в том числе и изготовленных из композиционных материалов.

Ключевые слова

Ракета-носитель, прогнозирование, запуски, анализ, класс, экстраполяция, трендовая модель, временной ряд

Поступила в редакцию 03.09.2019

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Введение. С середины XX века люди следили за каждым запуском ракет, за удачами и авариями. Прогресс ракетно-космической деятельности — заслуга успехов и неудач нашего времени. Для чего запускаются космические аппараты? Изначально и по сей день — для военных целей. Затем запуски стали включать в себя гражданские цели: доставка космонавтов и астронавтов, оборудования и продовольствия на МКС; выведение космических аппаратов на орбиту (для мониторинга за окружающей средой, обеспечения всех видов связи, навигации).

Космическая отрасль постоянно совершенствуется: происходит усложнение целей, задач, космических программ и совершенствование ракетно-космических технологий [1, 2].

Современные средства выведения представляют собой сложные и дорогостоящие технические устройства. Поэтому естественно стремление к снижению стоимости изготовления ракет-носителей и разгонных блоков при сохранении надежности и безотказности функционирования в полете.

В настоящее время космической деятельностью занимается более 60 стран. Космические технологии используют в связи и вещании, в научных

исследованиях, в дистанционном зондировании Земли — метеорологическое наблюдение, картография, геодезия и т. д.

Ракета, предназначенная для выведения полезной нагрузки в космическое пространство, называется ракетой-носителем. На непрерывно развивающемся рынке, в современных условиях конкуренции, одну из ведущих позиций занимает прогнозирование количества запусков ракет-носителей на ближайшие годы. Прогнозирование предопределяет динамику выпуска продукции, технологию разработки и создания изделий, что является важным фактором при планировании производства ракетно-космической техники.

Задача исследования — построение трендовой модели запусков ракет-носителей, а также вывод случайной составляющей в виде последовательности значений временного ряда для определения вероятного состояния изучаемого объекта (рынок, уровень продаж, спрос) в будущем на основе имеющихся данных.

Классификация ракет-носителей. Классификация ракет по массе полезной нагрузки, выводимой на низкую опорную орбиту, меняется с развитием техники и является достаточно условной, поэтому для исследования было выбрано разграничение по массе, которое представлено ниже:

- легкий класс РН — масса полезной нагрузки до 5 т;
- средний класс РН — масса полезной нагрузки 5...10 т;
- тяжелый класс РН — масса полезной нагрузки 10...20 т;
- сверхтяжелый класс — масса полезной нагрузки свыше 20 т.

Создание базы данных для анализа развития космического рынка. В настоящее время тема работы очень актуальна для области развития ракетно-космической отрасли, особенно с учетом современных условий рыночной экономики [3, 4]. В процессе исследований использовалась реляционная база данных «Запуски» для периода с 2007 по 2018 г., созданная в программе Access. Схема данных базы представлена на рис. 1. Экранная копия части таблицы «Запуски» показана на рис. 2, в ней содержатся данные о космических аппаратах, запущенных за период с 2007 по 2017 г.

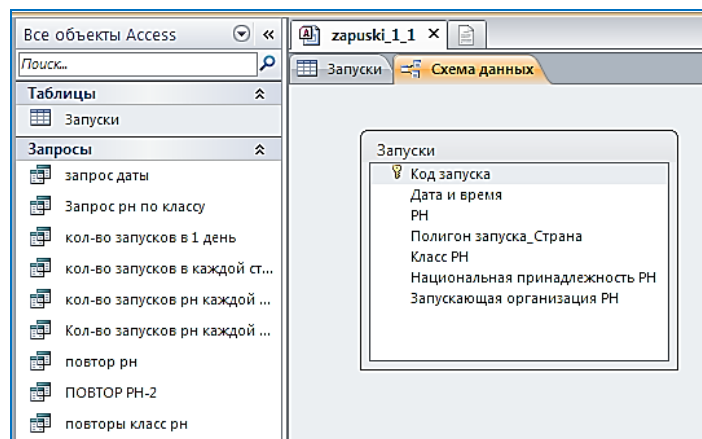


Рис. 1. Часть экранной копии окна базы данных со схемой данных

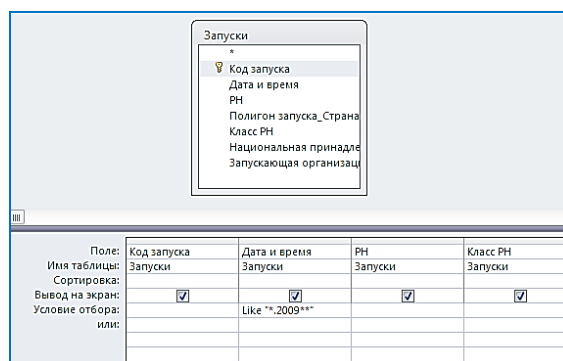
Тенденции мировых запусков ракетносителей

Код запуска	Дата и время	Запускающая организация РН	РН	Класс РН	Полигон запуска_Страна	Национальная принадлежность РН
003_2007	30.01.2007 23:22:00	Sea Launch	Зенит-3SL	Тяжелый	Сичан 2 КНР	SL Sea Launch
004_2007	02.02.2007 16:28:00	нет	CZ-3A	Легкий	Сичан 2 КНР	
005_2007	17.02.2007 23:01:00	ULA	Delta II (7925-10)	Средний	ССАФС SLC-178	США
006_2007	24.02.2007 4:41:00	JAXA/MNH	H-IIA(2024) F12	Средний	Танзасима Йосинобу	Япония
007_2007	09.03.2007 3:10:00	ULA	Atlas V (401) AV-013	Средний	ССАФС SLC-41	США
008_2007	11.03.2007 22:03:00	Arianespace	Ariane V (ECA) V175/L535	Тяжелый	CSG ELA3	Arianespace
009_2007	21.03.2007 1:10:00	SpaceX	Falcon I	Легкий	KMR Омелек	США
010_2007	07.04.2007 17:31:14	Роскосмос	Союз-ФГ №115000-019	Средний	Байконур 1/5	Россия
011_2007	09.04.2007 22:54:00	Роскосмос	Протон-М/Бриз-М №53516/88-521	Тяжелый	Байконур 200/39	Россия
012_2007	11.04.2007 3:27:15	нет	CZ-2С	Легкий	Тайюань	КНР
013_2007	13.04.2007 20:11:00	нет	CZ-3A	Легкий	Сичан 3 КНР	

Рис. 2. Экранная копия части таблицы «Запуски»

В базе данных приведены сведения о РН: код запуска, дата и время, запускающая организация, название РН, класс, полигон запуска, а также национальная принадлежность РН.

Получение и сортировка новых данных в программе осуществлялись посредством запросов. Для анализа созданной базы использовали функции запросов на выборку, в которых выполнялось условие отбора по дате, по каждому классу РН и по странам за исследуемый период. Экранные копии выполненных запросов для РН представлены на рис. 3–5. Аналогично создавали запросы по оставшимся категориям.



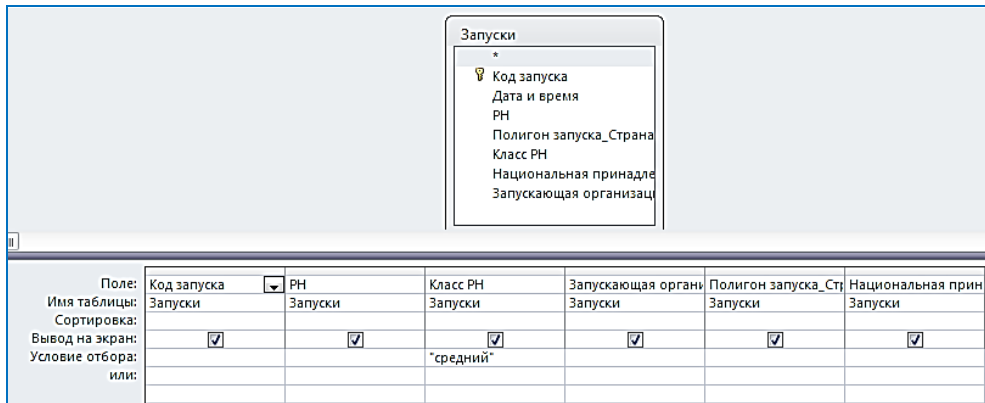
а

Код запуска	Дата и время	РН	Класс РН
138_2009	18.01.2009 2:47:00	Delta IV Heavy D337	Тяжелый
139_2009	23.01.2009 3:54:00	H-IIA (202) F-15	Средний
140_2009	30.01.2009 13:30:00	Космос-3М №45084701	Средний
141_2009	02.02.2009 18:36:00	Сафир	Легкий
142_2009	06.02.2009 10:22:00	Delta II (7320-20С) D338	Легкий
143_2009	10.02.2009 5:49:46	Союз-У №Ю15000-115	Средний
144_2009	11.02.2009 0:03:00	Протон-М/Бриз-М 93501/99501	Тяжелый
145_2009	12.02.2009 22:09:00	Ariane 5ECA V187/L545	Тяжелый
146_2009	24.02.2009 9:55:30	Tourus XL (3110)	Легкий
147_2009	26.02.2009 18:30:00	Зенит-25Б60/Блок ДМ-SLB №2/2Л	Тяжелый
148_2009	28.02.2009 4:10:00	Протон-К/Блок ДМ-2 41016/107Л	Тяжелый
149_2009	07.03.2009 3:49:57	Delta II (7925-10L) D339	Средний
150_2009	15.03.2009 23:43:44	Space Shuttle	Сверх тяжелый

б

Рис. 3. Экранная копия простого запроса на выборку по категории «Дата запуска»:

а — в режиме конструктора; б — в режиме таблицы



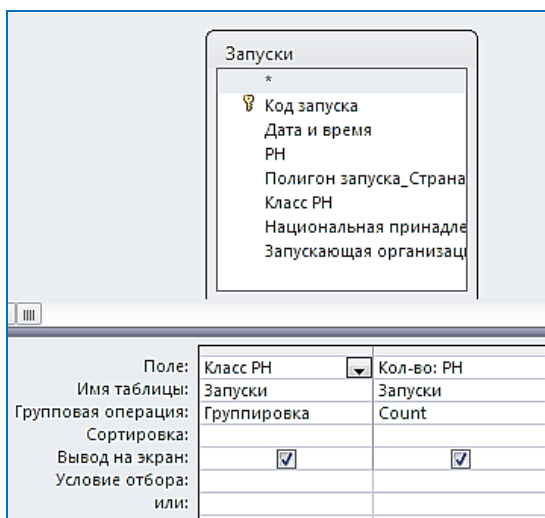
а

Код запуска	РН	Класс РН	Запускающая организация РН	Полигон запуска_Страна	Национальная принадлежность РН
002_2007	Союз-У №Ц15000-107	Средний	Роскосмос	Байконур 1/5	Россия
005_2007	Delta II (7925-10)	Средний	ULA	ССAFS SLC-178	США
006_2007	H-ILА(2024) F12	Средний	JAXA/MHI	Танзасима Йосинобу	Япония
007_2007	Atlas V (401) AV-013	Средний	ULA	ССAFS SLC-41	США
010_2007	Союз-ФГ №Ц15000-019	Средний	Роскосмос	Байконур 1/5	Россия
019_2007	Союз-У №Ц15000-104	Средний	Роскосмос	Байконур 1/5	Россия
022_2007	Союз-ФГ/Фрегат Ц15000-021/1016	Средний	нет	Байконур 31/6	КНР
024_2007	Союз-У	Средний	КВ	Плесецк 16/2	Россия
029_2007	Atlas V (401) AV-009	Средний	ULA	ССAFS SLC-41	США
032_2007	Космос-3М	Средний	КВ	Плесецк 132/1	Россия
035_2007	Союз-У №Ц15000-108	Средний	Роскосмос	Байконур 1/5	Россия
036_2007	Delta II (7925-9.5)	Средний	ULA	ССAFS SLC-17A	США
041_2007	Космос-3М	Средний	КВ	Плесецк 132/1	Россия
042_2007	H-ILА F13	Средний	MHI	Танзасима Йосинобу	Япония
043_2007	Союз-У №Ц15000-000	Средний	Роскосмос	Байконур 1/5	Россия

б

Рис. 4. Экранная копия простого запроса на выборку по категории «средний класс»:

а — в режиме конструктора; б — в режиме таблицы



а

Легкий	251
Сверх тяжел	56
Средний	271
Тяжелый	302

б

Рис. 5. Экранная копия простого запроса на повторяющиеся записи по категории «класс»:

а — в режиме конструктора;
б — в режиме таблицы

Прогнозирование запусков ракет-носителей с использованием метода экстраполяции трендов. В прогнозировании модель представляет собой модель объекта, которая позволяет получить информацию о возможных его состояниях в будущем и путях достижения этого состояния [5]. В качестве метода прогнозирования была выбрана экстраполяция трендов. Экстраполяция — это прогнозирование неизвестных значений путем продолжения функции за границы области известных значений. Это простой и распространенный метод прогнозирования, основанный на проекции временного ряда в будущее.

Для составления прогноза на графике показывают линию тренда. Трендом называют аналитическое или графическое представление изменения переменной во времени, полученное в результате выделения систематической составляющей динамического ряда [6, 7].

Для данных из собранной базы определили следующие трендовые линии по каждому классу ракетносителей:

1) линейный тренд выбирают, если уровень явлений изменяется с постоянной скоростью ($\Delta i = \text{const}$): $Y = a + bt$;

2) экспоненциальную форму тренда (показательную кривую) выбирают, если уровень явлений растет с более или менее постоянной относительной скоростью ($T_i \sim \text{const}$): $Y = abt$;

3) логарифмический тренд выбирают при замедляющемся росте уровней, не достигающих предельно возможных значений; он хорошо описывает величину, которая вначале быстро растет или убывает, а затем постоянно стабилизируется: $Y = a + b \log t$.

По построенным линиям тренда определим примерное количество запусков через 3 года. Коэффициент R^2 — коэффициент детерминации, отображает качество линии тренда. Чем выше коэффициент, тем выше достоверность линии. Его максимальное значение может быть равным единице.

Для удобства работы данные из базы данных были перенесены в программу Excel [8].

Рассмотрим трендовые модели запусков РН для каждого класса.

Легкий класс. По собранным в базе данных значениям определили следующие трендовые линии:

1) линейный тренд: $y = 1,3881x - 2773$; $R^2 = 0,3373$;

2) логарифмический тренд: $y = 2791 \ln x - 21214$; $R^2 = 0,3368$;

3) экспоненциальный тренд: $y = 1E - 61e^{0,0711x}$; $R^2 = 0,02145$;

где e — основание натурального логарифма, а E — экспоненциальный формат числа.

Из всех перечисленных трендов для лучшего прогнозирования выбираем линейный, поскольку он имеет наивысшее значение коэффициента детерминации (рис. 6).

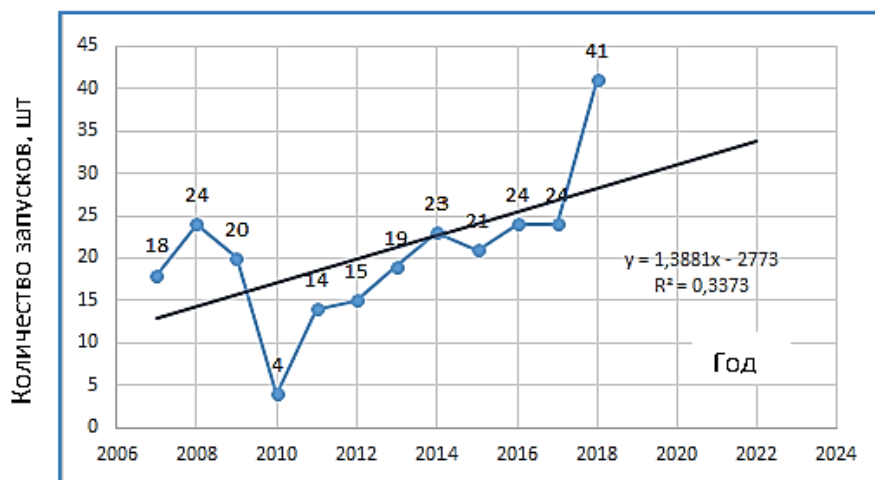


Рис. 6. Линейный тренд РН легкого класса

Средний класс. Аналогично по данным, собранным в базе для среднего класса, определили следующие трендовые линии:

- 1) линейный тренд: $y = 0,6119x - 1208,8$; $R^2 = 0,0494$;
- 2) логарифмический тренд: $y = 1230 \ln x - 9340$; $R^2 = 0,0493$;
- 3) экспоненциальный тренд: $y = 1E - 46e^{0,0539x}$; $R^2 = 0,0426$.

Из всех перечисленных трендов для лучшего прогнозирования выбираем линейный (рис. 7).

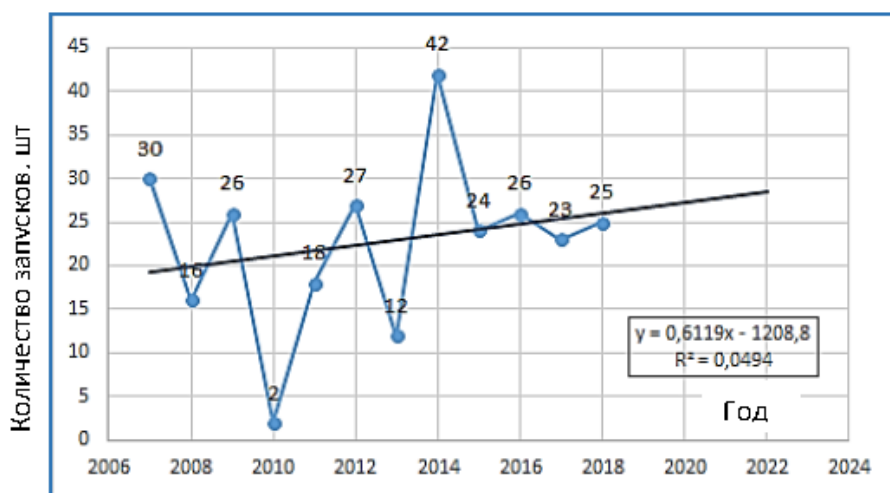


Рис. 7. Линейный тренд РН среднего класса

Тяжелый класс. Аналогично по данным, собранным в базе для тяжелого класса, определили следующие трендовые линии:

- 1) линейный тренд: $y = 1,2203x - 2430,9$; $R^2 = 0,3937$;
- 2) логарифмический тренд: $y = 2455 \ln x - 18651$; $R^2 = 0,3934$;

3) экспоненциальный тренд: $y = 6E - 41e^{0,0476x}$; $R^2 = 0,382$.

Из всех перечисленных трендов составления прогноза выбираем линейный (рис. 8).

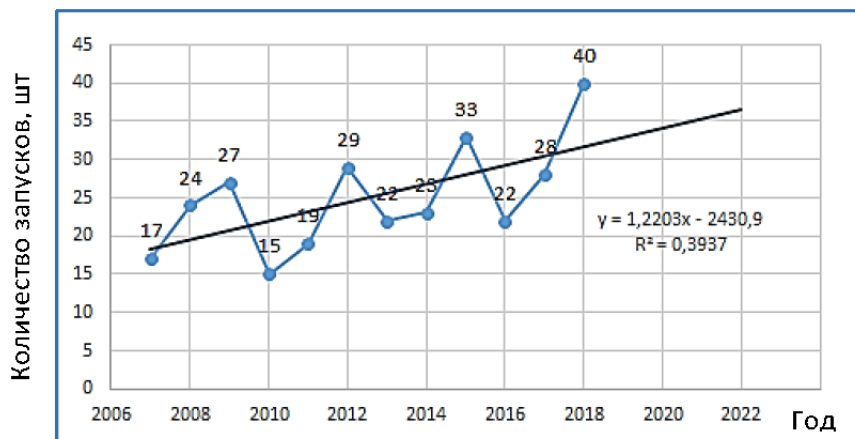


Рис. 8. Линейный тренд РН тяжелого класса

Сверхтяжелый класс. Аналогично по данным, собранным в базе для сверхтяжелого класса, определили следующие трендовые линии:

- 1) линейный тренд: $y = 0,3427x - 684,93$; $R^2 = 0,2031$;
- 2) логарифмический тренд: $y = 689 \ln x - 5238$; $R^2 = 0,2029$;
- 3) экспоненциальный тренд: $y = 5E - 55e^{0,0628x}$; $R^2 = 0,1152$.

Из всех перечисленных трендов для составления прогноза выбираем линейный (рис. 9).

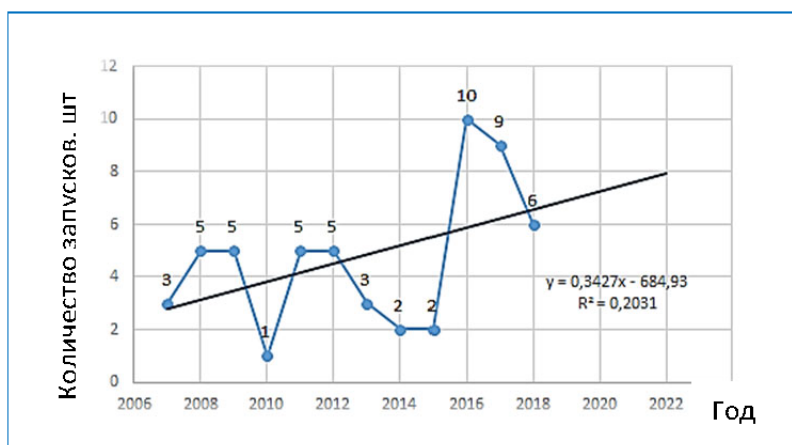


Рис. 9. Линейный тренд РН сверхтяжелого класса

Тренд по всем классам ракетносителей. Аналогично по данным, собранным в базе для всех классов, определили следующие трендовые линии:

- 1) линейный тренд: $y = 4,2238x - 8421,8$; $R^2 = 0,3441$;

2) логарифмический тренд: $y = 84981 \ln x - 64567$; $R^2 = 0,3439$;

3) экспоненциальный тренд: $y = 4E - 64e^{0,0746x}$; $R^2 = 0,3022$.

Из всех перечисленных трендов для составления прогноза выбираем линейный (рис. 10).

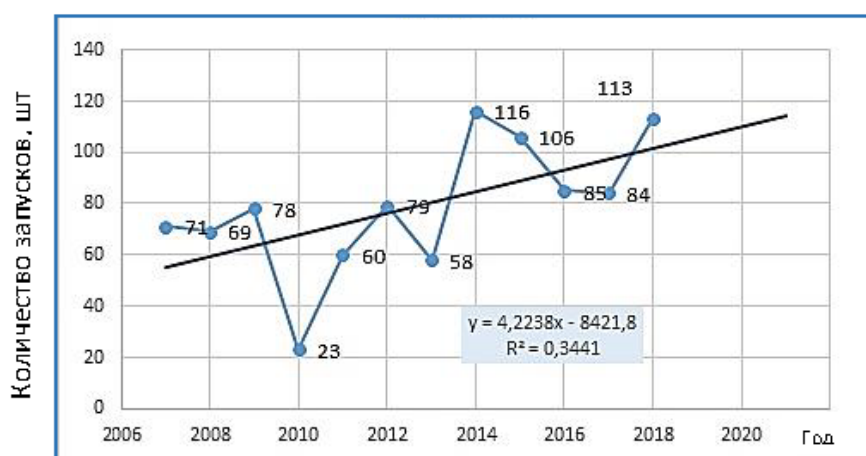


Рис. 10. Линейный тренд для РН всех классов

Временной (динамический) ряд. Набор чисел, привязанный к последовательным, равноотстоящим моментам времени, называют временным (динамическим) рядом. Числа, составляющие ряд и получающиеся как результат наблюдения за ходом некоторого процесса называют элементами, а промежуток времени между наблюдениями — шагом по времени.

Основная цель статистического анализа временных рядов — изучение соотношений между закономерностью и случайностью в формировании знаний уровней ряда, оценка количественной меры их влияния. Закономерности, объясняющие динамику показателя в прошлом, используются для прогнозирования его значений в будущем, а учет случайностей позволяет определить вероятность отклонения от закономерного развития и его возможную величину.

Выявление долговременной составляющей. В основе метода выявления долговременной составляющей лежит метод наименьших квадратов [9, 10]. Суть его заключается в следующем:

1) имеется некоторая последовательность $Y_i(x_i)$;

2) создается некоторая функция $Yr(x) = a + bx$, причем постоянные коэффициенты a и b выбирают таким образом, чтобы сумма квадратов разностей между значениями $Y_i(x_i)$ и $Yr(x_i)$ для всех точек была бы минимальна, т. е.

$$\sum_{i=1}^N (Y_i(x_i) - a - bx_i)^2 \rightarrow \min,$$

где N — число точек в исходной последовательности.

Приравняв частные производные по a и b от этой величины к нулю:

$$\frac{\partial \left(\sum_{i=1}^N (Y_i(x_i) - a - bx_i)^2 \right)}{\partial a} = 0;$$

$$\frac{\partial \left(\sum_{i=1}^N (Y_i(x_i) - a - b \times x_i)^2 \right)}{\partial b} = 0,$$

получим выражение для коэффициентов a и b :

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{N \sum X^2 - \sum X \sum X};$$

$$b = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - \sum X \sum X}.$$

Долгосрочная составляющая для запусков всех РН представлена на рис. 11.

№ n/n	Xi	Yi	Xi*Yi	X ²	Yрасч	Y ²
2007	1	71.00	71.00	1.00	55.27	5041.00
2008	2	69.00	138.00	4.00	53.43	4761.00
2009	3	78.00	234.00	9.00	63.72	6084.00
2010	4	23.00	92.00	16.00	67.94	529.00
2011	5	60.00	300.00	25.00	72.16	3600.00
2012	6	79.00	474.00	36.00	76.39	6241.00
2013	7	58.00	406.00	49.00	80.61	3364.00
2014	8	116.00	928.00	64.00	84.84	13456.00
2015	9	106.00	954.00	81.00	89.06	11236.00
2016	10	85.00	850.00	100.00	93.28	7225.00
2017	11	84.00	924.00	121.00	97.51	7056.00
2018	12	113.00	1356.00	144.00	101.73	12769.00
СУММА	78	942.00	6727.00	650.00	942.00	81362.00

$$a = \frac{\sum X^2 \cdot \sum Y - \sum X \cdot \sum XY}{N \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum X}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{N \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum X}$$

$$R = \frac{N \cdot \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{N \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum X} \cdot \sqrt{N \cdot \sum Y^2 - \sum Y \cdot \sum Y}}$$

Yрасч	a	b	R	R ²
Yрасч	a = 51.05	b = 4.22	R = 0.586561	R ² = 0.344054

0.586561 ПИРСОН(C6:C17;D6:D17)
0.344054 КВПИРСОН(C6:C17;D6:D17)

Рис. 11. Выявление долгосрочной составляющей для РН всех классов

После вычисления коэффициентов a и b получаем решение уравнения для долгосрочной составляющей динамического ряда, представленное на рис. 12.

Выявление циклической составляющей. Перед выявлением циклической составляющей необходимо из исходной последовательности $Y_i(x_i)$ исключить долгосрочную составляющую:

$$C_i(x_i) = Y_i(x_i) - Y_r(x_i),$$

где $C_i(x_i)$ — новая последовательность, включающая в свой состав циклическую и случайную составляющую.

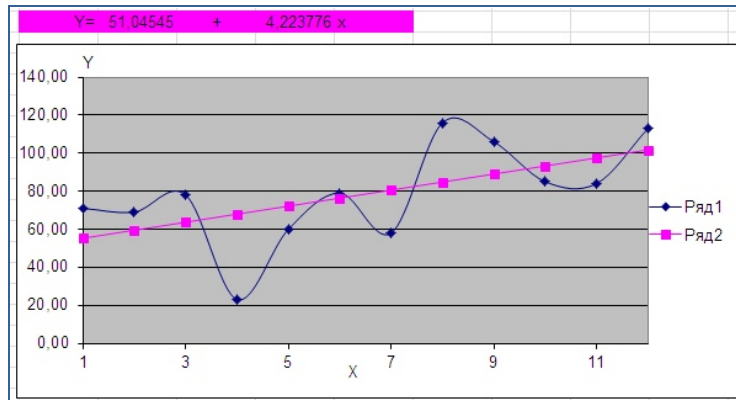


Рис. 12. График для долговременной составляющей динамического ряда для РН всех классов

Для выявления циклической компоненты записывают некоторую периодическую функцию (в данной работе предлагается взять функцию косинуса) $C_r(x) = A \cos(\omega x + c)$, где A — амплитуда периодической функции (в общем случае вычисляется как разность максимального и минимального значения C_i , поделенная пополам). Но поскольку в рассматриваемом случае амплитуда не является постоянной, а зависит от случайной составляющей, то, чтобы не усложнять расчеты, для вычисления амплитуды используем формулу

$$A = \frac{C_i(x_i)_{\max} - C_i(x_i)_{\min}}{2,1 + e}$$

где e — уровень случайной составляющей, заданный в условии задачи.

Для определения максимального и минимального значения C_i в Excel используются функции МАКС(...) и МИН(...), где в скобках указываются ячейки, в которых записаны значения C_i .

Начальное смещение C определяется так же, как и в случае для долговременной составляющей, из условия минимальности суммы разностей значений $C_r(x_i)$ и $C_i(x_i)$:

$$\sum [C_i(x_i) - A \times \cos(\omega x_i + c)] \rightarrow \min.$$

Циклическая составляющая для РН всех классов представлена на рис. 13.

Заключение. Анализ выполненных исследований и расчетов позволяет сделать следующий вывод: использование различных методов прогнозирования приводит к одинаковым результатам.

1. В работе представлены трендовые модели запусков ракетносителей всех существующих в настоящее время классов и тренд по всем классам в отдельности. Коэффициент детерминации для всех классов выше у линейного тренда, соответственно, по нему можно составить прогноз: РН всех классов имеют тенденцию к увеличению количества запусков.

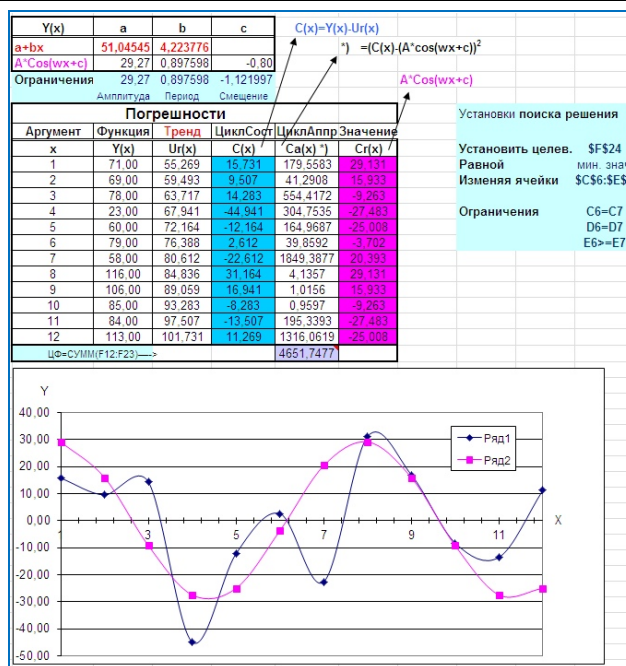


Рис. 13. Выявление циклической составляющей для РН всех классов

2. Для определения вероятного состояния изучаемого объекта в будущем на основе имеющихся данных, в работе получена случайная составляющая в виде последовательности значений временного ряда для РН всех классов. График долговременной составляющей динамического ряда для всех классов показывает рост запусков РН.

3. В исследовании также определена циклическая составляющая для РН всех классов, представленная в виде некоторой периодической функции. Цикл обозначен сменной технологией и показывает в последующие годы заметный рост количества запусков РН.

Вышеперечисленное означает, что интерес к освоению космического пространства не угасает.

Литература

- [1] Котов М.В. Посчитаем: «Роскосмос» планирует запустить 45 ракет за 2019 год. *iz.ru: веб-сайт*. URL: <https://iz.ru/832200/mikhail-kotov/poschitaem-roskosmos-planiruet-zapustit-45-raket-za-2019-god> (дата обращения: 03.04.2019).
- [2] Выбор РИА Новости: десять самых «космических» ожиданий 2019 года. *news.rambler.ru: веб-сайт*. URL: <https://news.rambler.ru/tech/41494645-vybor-ria-novosti-desyat-samyh-kosmicheskikh-ozhidaniy-2019-goda/> (дата обращения: 03.04.2019).
- [3] Бакланов А.Г. Рынок и маркетинг авиакосмической продукции в условиях нестабильности. М., КДУ, 2007.
- [4] Крылов А.М. Анализ космической деятельности РФ в период с 2001 по 2013 годы. *mospaceclub.ru: веб-сайт*. URL: http://mospaceclub.ru/3part/krilov_1.pdf (дата обращения: 04.05.2019).

- [5] Константиновская Л.В. Прогнозирование. *astronom2000.info: веб-сайт*. URL: <http://www.astronom2000.info/%d0%bf%d1%80%d0%be%d0%b3%d0%bd%d0%be%d0%b7%d0%b8%d1%80%d0%be%d0%b2%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d0%b5/> (дата обращения: 03.04.2019).
- [6] Покровская Л.Л. Формирование и развитие консалтинговых услуг на потребительском рынке. М., Директ-Медиа, 2014.
- [7] UCS satellite database. *ucsusa.org: веб-сайт*. URL: <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database> (дата обращения: 07.05.2019).
- [8] Бараз В.Р., Пегашин В.Ф. Использование MS Excel для анализа статических данных. Нижний Тагил, НТИ, 2014.
- [9] Кулакова О.В. Методы прогнозирования. Анализ аддитивной модели. *cis2000.ru: веб-сайт*. URL: <http://www.cis2000.ru/Budgeting/Mailing/AdditiveModel.html> (дата обращения: 14.05.2019).
- [10] Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н. Прикладные методы анализа статистических данных. М., ИД ВШЭ, 2012.

Самохвалова Екатерина Александровна — студентка кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Шляхтенкова Александра Викторовна — студентка кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Самохвалова Е.А., Шляхтенкова А.В. Тенденции мировых запусков ракетносителей. *Политехнический молодежный журнал*, 2019, № 10(39). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2019-10-536>

ORLD LAUNCH VEHICLE OPERATIONS TRENDS

E.A. Samokhvalova

katya_samohvalova@bk.ru

SPIN-code: 8988-2297

A.V. Shlyakhtenkova

figure4d@yandex.ru

SPIN-code: 3521-1203

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The article presents the research of launch vehicle (LV) operations in the world for the period 2007–2018. The information available in open sources is collected in a database implemented in the Access program, which made it possible to optimize the work with a large amount of data in the search and selection of necessary indicators. A graphical and numerical analysis of forecasting LV operations by extrapolation of trends and time (dynamic) series, performed in Excel, is also presented. Based on the results obtained, we can conclude that the positive dynamics of the spacecraft launches in the near future. This, undoubtedly, indicates the need for further development of new technologies for the production of rocket and space technology products, including those made of composite materials.

Keywords

Launch vehicle, forecasting, launches, analysis, class, extrapolation, trend model, time series

Received 03.09.2019

© Bauman Moscow State Technical University, 2019

References

- [1] Kotov M.V. Poschitaem: “Roskosmos” planiruet zapustit' 45 raket za 2019 god. *iz.ru: website* (in Russ.). [Let's count: “Roskosmos” is planning to launch 45 rockets in 2019]. URL: <https://iz.ru/832200/mikhail-kotov/poschitaem-roskosmos-planiruet-zapustit-45-raket-za-2019-god> (accessed: 03.04.2019).
- [2] Vybora RIA Novosti: desyat' samykh “kosmicheskikh” ozhidaniy 2019 goda [The choice of RIA Novosti: ten “spacest” expectations of 2019]. *news.rambler.ru: website* (in Russ.). URL: <https://news.rambler.ru/tech/41494645-vybor-ria-novosti-desyat-samyh-kosmicheskikh-ozhidaniy-2019-goda/> (accessed: 03.04.2019).
- [3] Baklanov A.G. Rynok i marketing aviakosmicheskoy produktsii v usloviyakh nestabil'nosti [Aerospace production market and marketing in instability conditions]. Moscow, KDU Publ., 2007 (in Russ.).
- [4] Krylov A.M. Analiz kosmicheskoy deyatel'nosti RF v period s 2001 po 2013 gody [Analysis of RF space activity in period from 2001 to 2013]. *mosspaceclub.ru: website* (in Russ.). URL: http://mosspaceclub.ru/3part/krilov_1.pdf (accessed: 04.05.2019).
- [5] Konstantinovskaya L.V. Prognozirovaniye [Forecasting]. *astronom2000.info: website*. URL: <http://www.astronom2000.info/%d0%bf%d1%80%d0%be%d0%b3%d0%bd%d0%be%d0%b7%d0%b8%d1%80%d0%be%d0%b2%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d0%b5/> (accessed: 03.04.2019).
- [6] Pokrovskaya L.L. Formirovaniye i razvitiye konsaltingovykh uslug na potrebitel'skom rynke [Forming and development of consulting services at the consumer market]. Moscow, Direkt-Media, 2014 (in Russ.).

- [7] UCS satellite database. *ucsusa.org: website*. URL: <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database> (accessed: 07.05.2019).
- [8] Baraz V.R., Pegashin V.F. Ispol'zovanie MS Excel dlya analiza staticheskikh dannykh [Using MS Excel for analysis of statistical data]. Nizhniy Tagil, NTI Publ., 2014 (in Russ.).
- [9] Kulakova O.V. Metody prognozirovaniya. Analiz additivnoy modeli [Forecasting methods. Analysis of additive model]. *cis2000.ru: website* (in Russ.). URL: <http://www.cis2000.ru/Budgeting/Mailing/AdditiveModele.shtml> (accessed: 14.05.2019).
- [10] Goryainova E.R., Pankov A.R., Platonov E.N. Prikladnye metody analiza statisticheskikh dannykh [Applied analysis methods of statistical data]. Moscow, HSE Publ. house, 2012 (in Russ.).

Samokhvalova E.A. — Student, Department of Aerospace Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Shlyakhtenkova A.V. — Student, Department of Aerospace Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Samokhvalova E.A., Shlyakhtenkova A.V. Orld launch vehicle operations trends. *Politekhnikheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2019, no. 10(39). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2019-10-536.html> (in Russ.).