

шпуров малого диаметра и длины, с повышенными скоростями подачи и вращения коронок и интенсивной промывкой шпуров, сначала в 2-х вертикальных, симметричных относительно оси выработки секторах, затем, после поворота буровой планшайбы на 90 градусов, в оставшихся 2-х горизонтальных секторах, с последующим отводом от забоя буровой планшайбы забойного щита, подачей зарядной планшайбы со шприцами-штоками на забой и последующей одновременной автоматизированной зарядкой шпуров взрывчатым веществом по числу заряжаемых шпуров в 2-х вертикальных секторах, а после поворота зарядной планшайбы на 90° - в 2-х горизонтальных секторах забоя с иницированием взрывания ВВ в шпурах в целеобразной последовательности дистанционным беспроводным способом по заземленным радиоканалам на защитный броневой лист забойного щита.

УДК 519.257, 519.654

### **СРАВНЕНИЕ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНДЕКСОВ СЕЗОННОСТИ И МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ РЯДА ФУРЬЕ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПАССАЖИРОПОТОКА АЭРОПОРТА «ПУЛКОВО»**

*Владимирова Д.В.*

*Санкт-Петербургский горный университет*

Развитие пассажирских авиаперевозок в стране косвенно характеризует её социально-экономическое состояние. Изменение интенсивности пассажиропотока отражает такие факторы, как улучшение экономической ситуации, рост въездного туризма, стабилизация курса валют, что в свою очередь является неотъемлемыми показателями ситуации в стране. Для авиационного бизнеса анализ и прогнозирование спроса на авиаперевозки имеют решающее значение для производственного и финансового планирования. Именно поэтому исследование объёма пассажирских перевозок является актуальным.

В вопросе исследования пассажиропотоков незаменимым инструментом являются математические методы. Это эффективный инструмент выявления тех или иных закономерностей развития систем.

В данной работе использован метод наименьших квадратов, построение моделей осуществлено на основе линейного тренда с учётом индексов сезонности и ряда Фурье.

Целью данной работы является исследование пассажиропотока аэропорта «Пулково» г. Санкт-Петербурга, разработка прогнозных моделей на основе статистических данных, выбор оптимальной модели, а также построение прогноза пассажирских перевозок на 2018-2022 гг.

Аэропорт Пулково – международный аэропорт федерального значения в Северо-Западном федеральном округе России, единственный аэропорт Санкт-Петербурга, обслуживающий официальные рейсы.

Пулково – четвертый по количеству обслуживаемых пассажиров аэропорт в России после московского авиаузла.

В следующих таблицах представлены данные о пассажиропотоках аэропорта «Пулково» по годам с 2012 по 2017 год, а также данные о пассажиропотоках по месяцам с 2012 по 2016 год.

Таблица 1 – Количество пассажиров аэропорта «Пулково» по годам

Год	Количество пассажиров, чел.
2012	11154560
2013	12854366
2014	14264732
2015	13499755
2016	13256037
2017	16125520

Таблица 2 – Количество пассажиров аэропорта «Пулково» по месяцам

Год Месяц	2012	2013	2014	2015	2016
январь	662572	720923	836269	872485	784263
февраль	576192	641556	752701	733328	702332
март	686477	786802	898800	863424	827881
апрель	775794	878877	993753	933681	899125
май	965908	1173910	1259543	1199330	1108772
июнь	1231239	1441678	1626631	1487714	1373482
июль	1320530	1560179	1753930	1675612	1551310
август	1321144	1569558	1753314	1686738	1552333
сентябрь	1163202	1278403	1404624	1397491	1385050
октябрь	927935	1060189	1119049	1061023	1146217
ноябрь	769436	883348	933984	796711	952235
декабрь	662572	858943	932134	792218	982037

Рост пассажиропотока наблюдался до 2014 года, затем имело место его существенное снижение в силу экономической ситуации в стране. Начиная с 2015 года, снова наблюдался рост пассажиропотока, максимальная его интенсивность заметна в 2017 году. В связи с этим можно сделать вывод о том, что в дальнейших расчётах для построения прогнозных моделей использовать данные до 2014 года нецелесообразно, следует использовать только данные за 2014-2016 гг.

**Прогнозная модель с учётом индексов сезонности.** При прогнозировании на основе временных рядов с ярко выраженными сезонными колебаниями используются индексы сезонности. Так, зная уравнение тренда и средние индексы сезонности, можно продлить ряд.

Линейная модель, построенная на основе данных за 2014-2016 гг. принимает следующий вид:

$$\hat{y} = -6,06 * 10^{-5} + 1,1408302 * t. \quad (1)$$

После этого были найдены средние значения индексов сезонности по месяцам.

Расчёт прогнозных значений мультипликативным способом осуществляется по формуле:

$$\tilde{y} = (-6,06 * 10^{-5} + 1,1408302 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (2)$$

Известно общее значение пассажиропотока за 2017 год, однако, отдельные значения по месяцам не известны. Найденное уравнение модели представляет собой закон распределения значения пассажиропотока по месяцам. Применяв данное уравнение для получения распределения пассажиропотока по месяцам, можно заметить, что суммарное значение полученных результатов отличается от уже известного значения за 2017 год, это может быть обусловлено тем, что построенная модель не учитывает некоторых случайных факторов влияния. Исходя из вышесказанного, было принято решение скорректировать параметры модели методом подбора таким образом, чтобы изгиб сезонной волны не изменился, однако, суммарное значение соответствовало бы реальным данным. В результате была принята модель следующего вида:

$$\tilde{y} = (-6,06 * 10^{-5} + 0,2055563 + 1,1408302 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (3)$$

С помощью данной модели были получены приблизительные значения по месяцам за 2017 год, и, следовательно, был получен расширенный и более корректный период ретроспекции.

Далее были рассчитаны средние индексы сезонности и параметры модели для расширенного периода ретроспекции (2014-2017 гг.)

В результате было получено следующее уравнение прогнозной модели:

$$\tilde{y} = (1,061819 + 0,005262 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (4)$$

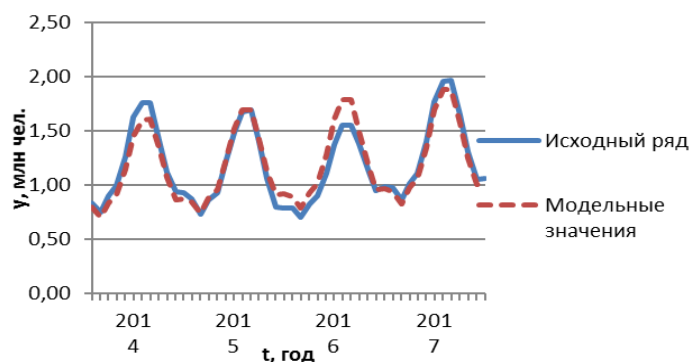


Рисунок 1 – Сопоставление модельных значений с исходными данными

**Прогнозная модель на основе ряда Фурье.** В качестве моделей временных рядов используют различные элементарные функции и их сочетания, а также степенные ряды. Наибольшую точность обеспечивают модели в виде рядов Фурье.

Периодические колебания уровней динамического ряда в данном случае представлены в виде суммы нескольких синусоид (гармоник), наложенных друг на друга. В ходе работы был произведён расчёт до четырёх гармоник.

Конечное уравнение модели имеет вид:

$$\hat{y}_4 = \hat{y}_3 - 0,4469 * \cos 4t - 0,0945 * \sin 4t. \quad (5)$$

На рисунке 2 видно, как модели для разного числа гармоник огибают график исходных данных. В расчёте модели для пяти гармоник нет необходимости, так как модель с четырьмя гармониками достаточно точно повторяет график исходных данных.

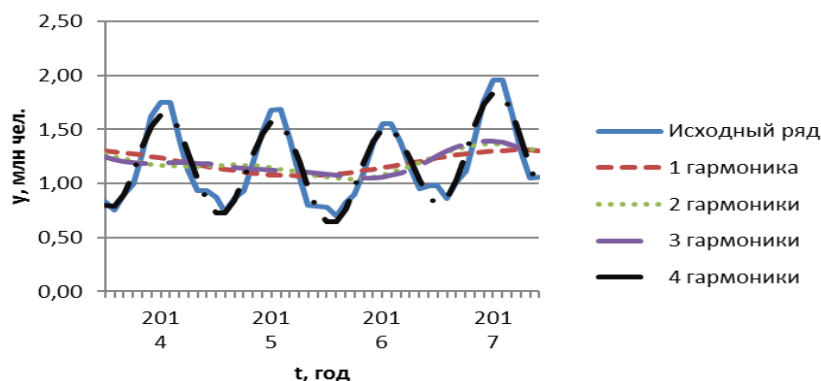


Рисунок 2 – Сопоставление модельных значений с исходными данными

**Выбор оптимальной модели по коэффициенту детерминации.** Для сравнения качества полученных моделей были рассчитаны их коэффициенты детерминации. Для модели, построенной с учётом индексов сезонности, значение коэффициента составило 0,922, для модели на основе ряда Фурье – 0,908.

Стало быть, обе модели являются качественными, однако, модель, построенная с учётом индексов сезонности, является более предпочтительной. Кроме того, моделям на основе рядов Фурье свойственно затухание с увеличением периода упреждения прогноза. Значит, целесообразно предпочесть модель с учётом индексов сезонности для построения прогноза пассажиропотока.

После выбора оптимальной прогнозной модели был обоснован период упреждения прогноза. Расчёт показал, что на основе выбранного периода ретроспекции прогноз корректно осуществлять на 2018-2022 гг.

**Получение прогноза.** С помощью найденной ранее модели на основе индексов сезонности становится возможным получение точечного прогноза пассажиропотока аэропорта «Пулково» на 2018, 2019, 2020, 2021 и 2022 годы.

$$\tilde{y} = (1,061819 + 0,005262 * t) * \bar{I}_{\text{сез}}. \quad (6)$$

В таблице 3 представлены результаты расчёта точечного прогноза по месяцам и по годам:

Таблица 3 – Расчёт точечного прогноза по месяцам и по годам

Месяц \ Год	2018	2019	2020	2021	2022
	$\hat{y}$ , млн чел.				
январь	0,99	1,03	1,08	1,13	1,18
февраль	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03
март	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22
апрель	1,12	1,17	1,22	1,28	1,33
май	1,41	1,48	1,54	1,61	1,68
июнь	1,78	1,86	1,94	2,02	2,11
июль	1,97	2,06	2,15	2,24	2,34
август	1,97	2,06	2,15	2,25	2,34
сентябрь	1,65	1,73	1,80	1,88	1,96
октябрь	1,31	1,37	1,43	1,49	1,55
ноябрь	1,06	1,10	1,15	1,20	1,25
ИТОГО:	16,20	16,96	17,72	18,47	19,23

После того, как были найдены точечные значения прогноза, был произведён расчёт доверительных интервалов и построен интервальный прогноз на 2018-2022 гг.:

$$\hat{y}_{2018} = 16.20 \pm 0,215, \quad (7)$$

$$\hat{y}_{2019} = 16.95 \pm 0,225, \quad (8)$$

$$\hat{y}_{2020} = 17.72 \pm 0,237, \quad (9)$$

$$\hat{y}_{2021} = 18.47 \pm 0,251, \quad (10)$$

$$\hat{y}_{2022} = 19.23 \pm 0,267. \quad (11)$$

Таким образом, в ходе данной работы была построена модель на основе линейного тренда с учётом индексов сезонности для периода с 2014 по 2016 гг., после чего модель была скорректирована. На её основе был искусственным путём расширен период ретроспекции, а на базе которого была построена новая прогнозная модель с учётом индексов сезонности.

Далее были рассчитаны параметры прогнозной модели на основе ряда Фурье. Расчёт коэффициентов детерминации моделей показал, что обе модели корректны, однако, модель, построенная с учётом индексов сезонности, является предпочтительной для построения прогноза. В результате были получены точечный и интервальный прогнозы пассажиропотока аэропорта «Пулково» на 2018-2022 гг.

УДК 519

## **АНАЛИЗ ПРЕДПОСЫЛОК ПЕРЕХОДА К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ**

*Дяченко Г.В.*

*Санкт-Петербургский Горный университет*

Последние десятилетия характеризуются бурным развитием техники, экономики и общества, в которых происходят кардинальные изменения (высокие технологии, рост численности населения планеты, глобальное изменение климата и т.п.), влияющие в том числе на энергетический бизнес, предъявляя к нему все новые и новые требования. В настоящее время энергетическая система на базе концепции Smart Grid является единым энергоинформационным комплексом, в котором управляемые объекты позволяют осуществлять дистанционное управление, а системы оценивания ситуации и противоаварийной автоматики снижают избыточные требования к резервам силовых и информационных мощностей.

Для энергетических компаний за рубежом одним из наиболее актуальных на сегодняшний день является вопрос определения того, как активно влиять и/или реагировать на изменения: организовать управление изменениями, активно участвуя в формировании собственного будущего, или занять пассивную позицию?

К числу наиболее существенных изменений в развитии общества и экономики, влияющих в том числе на энергетическую отрасль, зарубежные ученые и исследователи относят следующие:

1. дефицит источников электрической энергии;
2. постоянно растущие требования к надежности и качеству электроснабжения со стороны потребителей;
3. постоянное повышение стоимости электрической энергии во всем мире;
4. старение и нарастающий дефицит квалифицированных кадров в энергетической отрасли;
5. рост требований заинтересованных сторон – стейкхолдеров – к результатам деятельности энергетических компаний;
6. требования экологической и промышленной безопасности функционирования энергетических объектов;
7. снижение общесистемных затрат. Таким образом, основные факторы, определяющие необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике под влиянием складывающихся условий, можно сгруппировать следующим образом.

### **Факторы технологического прогресса:**

- появление и развитие новых технологий, устройств и материалов (в том числе в других отраслях), потенциально применимых в сфере электроэнергетического производства, и в первую очередь нарастающие темпы и масштабы развития компьютерных и информационных технологий;
- интенсивный рост количества малых генерирующих (в первую очередь возобновляемых) источников энергии в мире;
- общая тенденция к повышению уровня автоматизации процессов.

### **Факторы повышения требований потребителей:**

- повышение требований к набору (линейке) и качеству услуг;
- ожидание снижения ценовых параметров услуг отрасли;