

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА НА МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРМАЛИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ НА БАЗЕ КРИВЫХ РОСТА

Виконано прогнозування попиту на машини постійного струму, що випускаються ПАТ "Електромашина" (м. Харків), з використанням формалізованих моделей на базі кривих зростання. Встановлені типи машин постійного струму, які найбільш перспективні для проведення модернізації.

Выполнено прогнозирование спроса на машины постоянного тока, выпускаемые ПАО "Электромашина" (г. Харьков), с использованием формализованных моделей на базе кривых роста. Установлены типы машин постоянного тока, которые наиболее перспективны для проведения модернизации.

ВВЕДЕНИЕ

По целому ряду причин, современная ситуация развития отечественных машин постоянного тока (МПТ) характеризуется тем, что производители занимаются не созданием новых серий машин, а модернизацией морально устаревших серий или обновлением уже выпускаемой серии. Также участились случаи, когда предприятия-конкуренты отслеживают наиболее востребованные типы и отрезки серии МПТ, вносят незначительные изменения и выпускают подобные машины, но уже под другим обозначением. Такие случаи тоже формально относятся к модернизации.

Необходимость проведения модернизации МПТ объясняется: новыми требованиями, которые выдвигают заказчики; включением в серию новых модификаций, не оговоренных в действующих технических условиях; повышением конкурентоспособности выпускаемых машин и пр.

Естественно, что в первую очередь модернизации или замене должны подвергаться те МПТ, на которые уже имеется или ожидается значительный спрос. Поэтому задача анализа и прогнозирования спроса на МПТ является важной, т.к. позволяет определить конкретные типы или серию машин, модернизация которых принесет существенную прибыль. Кроме того, прогнозирование позволяет предприятию эффективно использовать информацию о необходимых финансовых и материальных ресурсах (требуемая для производства номенклатура материалов и комплектующих изделий).

Имеющиеся на предприятиях специалисты по маркетингу в лучшем случае используют так называемую "интуитивную модель" прогнозирования, работа со сложными моделями, такими как модель Хольта, многослойная искусственная нейросеть [1] и др., вызывает затруднение, так как требует наличия глубоких знаний в эконометрике и опыта работы со специализированными статистическими программами.

Поэтому, для работников предприятий необходимо достаточно простой инструмент, которым они могли бы пользоваться, имея минимальный объем знаний. В качестве такого инструмента могут служить кривые роста спроса, анализ и экстраполяцию которых можно использовать для прогнозирования спроса на МПТ.

Данная работа является продолжением исследований начатых в [1], где были рассмотрены статистические модели прогнозирования спроса только для "железнодорожных" МПТ. Целью данной работы является прогнозирование спроса на основные типы МПТ, выпускаемые ПАО "Электромашина" (г. Харьков), с использованием формализованных моделей на базе кривых роста.

ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В силу многообразия и специфики номенклатуры МПТ, выпускаемых ПАО "Электромашина", невозможно рассматривать каждый тип машины по отдельности. Поэтому, все выпускаемые МПТ в зависимости от назначения были условно подразделены на четыре группы: "железнодорожные", "рудничные", краново-металлургические (сокращенно "крановые") и общепромышленного назначения (сокращенно "общепромышленные").

В работе [1] уже было перечислены серии и отдельные типы МПТ входящие в группу "железнодорожные", но все равно напомним их: П2КМ, 2П2КМ, 5ПСГМ, 5ПСГМП, ПНЖ-132, 4ПНЖ200С, 4ПНЖ200М и 4ПНГУК315М. В группу рудничные входят машины: ДРТ-10, ДРТ-12, ДРТ-13, ДРТ-14, ДРТ-23,5, ДРТ-33, ДТН-12/7, ДТН-33/20, ДТН-34/25М, ДТН-45/27, ДТН-46/33М. К крановым машинам относятся МПТ серии "Д": Д12М, Д21М, Д22М, Д31М, Д32М, Д41М, Д806М, Д808М, Д810М, Д812М, ДПЭ-52М, ДПВ-52М, ДК-309М, ДК-213М. К машинам общепромышленного назначения относятся МПТ серии 4П с высотой оси вращения от 200 до 400 мм и серии 5П с высотой оси вращения от 100 до 160 мм.

Для проведения расчетов будем использовать данные заказов МПТ на ПАО "Электромашина". Ретроспектива представляет собой данные по заказам за период с января 2007 года по декабрь 2010 года включительно, с месячной динамикой.

Данные по заказам в штучном выражении для каждой группы машин представлены: в табл. 1 и на рис. 1 (кривая 1) – "железнодорожные", в табл. 2 и на рис. 2 (кривая 1) – "рудничные", в табл. 3 и на рис. 3 (кривая 1) – "крановые" и в табл. 4 и на рис. 4 (кривая 1) – "общепромышленные".

Таблица 1

Месяц	Количество заказанных "железнодорожных" МПТ, шт. (по годам)			
	2007	2008	2009	2010
Январь	23	25	23	45
Февраль	24	50	21	91
Март	27	40	19	85
Апрель	9	84	60	71
Май	11	48	59	72
Июнь	28	23	46	38
Июль	56	30	38	75
Август	56	36	46	72
Сентябрь	44	47	47	101
Октябрь	24	63	67	103
Ноябрь	22	12	57	65
Декабрь	46	25	31	66

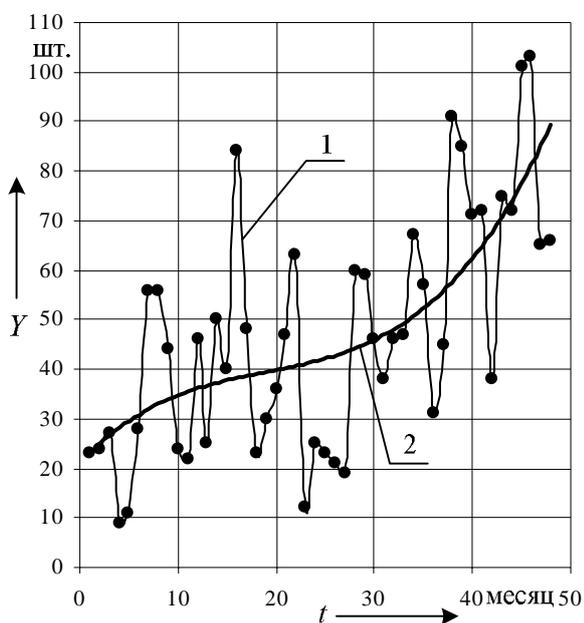


Рис. 1. График помесечного спроса и кривая роста на "железнодорожные" МПТ

Таблица 2

Месяц	Количество заказанных "рудничных" МПТ, шт. (по годам)			
	2007	2008	2009	2010
Январь	40	16	0	10
Февраль	33	13	7	6
Март	15	16	5	5
Апрель	38	42	8	25
Май	38	34	12	49
Июнь	33	30	2	38
Июль	43	66	0	77
Август	40	39	7	62
Сентябрь	15	29	4	60
Октябрь	43	10	2	40
Ноябрь	8	45	8	35
Декабрь	40	25	18	76

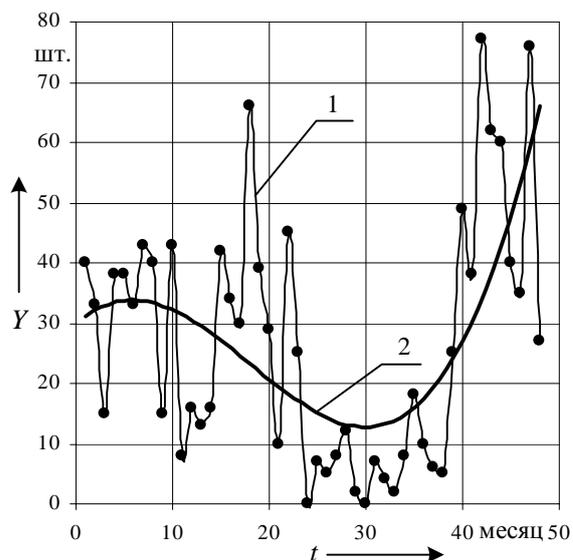


Рис. 2. График помесечного спроса и кривая роста на "рудничные" МПТ

Таблица 3

Месяц	Количество заказанных "крановых" МПТ, шт. (по годам)			
	2007	2008	2009	2010
Январь	15	17	1	15
Февраль	39	2	4	10
Март	26	22	9	7
Апрель	37	33	1	8
Май	10	21	4	18
Июнь	29	39	13	29
Июль	25	30	31	8
Август	24	59	6	5
Сентябрь	19	45	10	15
Октябрь	36	53	22	8
Ноябрь	15	34	17	5
Декабрь	15	14	7	0

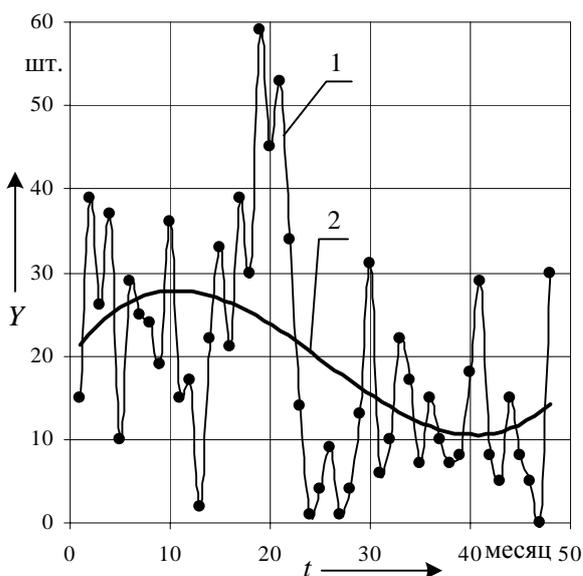


Рис. 3. График помесечного спроса и кривая роста на "крановые" МПТ

Таблица 4

Месяц	Количество заказанных "общепромышленных" МПТ, шт. (по годам)			
	2007	2008	2009	2010
Январь	11	9	1	5
Февраль	10	5	2	5
Март	50	41	7	3
Апрель	14	19	3	1
Май	28	10	4	1
Июнь	41	27	4	6
Июль	13	19	0	8
Август	20	30	3	3
Сентябрь	19	28	4	2
Октябрь	12	25	10	1
Ноябрь	15	14	11	3
Декабрь	11	10	23	2

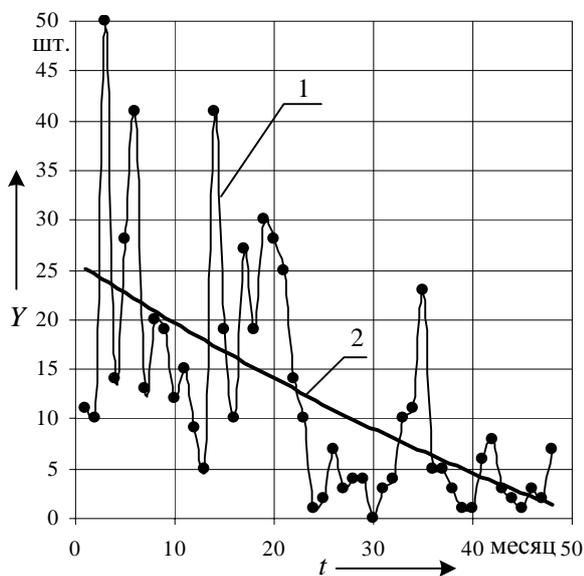


Рис. 4. График помесечного спроса и кривая роста на "общепромышленные" МПТ

ВЫБОР ФОРМАЛИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КРИВЫХ РОСТА

Одними из простейших средств для выделения тенденций во временных рядах являются кривые роста или тренды [2]. Попробуем применить их к нашим рядам.

В настоящее время в литературе описано несколько десятков кривых роста. Эти модели условно могут быть разделены на три класса в зависимости от того, какой тип динамики развития они хорошо описывают [2].

К I классу относятся функции, используемые для описания процессов с монотонным характером тенденции развития и отсутствием пределов роста. Эти условия справедливы для многих экономических показателей, например, для большинства показателей промышленного производства в натуральном выражении.

Ко II классу относятся кривые, описывающие процесс, который имеет предел роста в исследуемом периоде. Функции, относящиеся ко II классу, называются кривыми насыщения. Если кривые насыщения имеют точки перегиба, то они относятся к III классу кривых роста — к S-образным кривым.

В нашем случае будем использовать следующие кривые роста [2, 3]:

- полиномы первого, второго, третьего порядков;

- показательная кривая:

- показательная кривая:

$$Y_t = a \cdot b^t; \quad (1)$$

- кривая Гомперца:

$$Y_t = k \cdot a^{b^t}; \quad (2)$$

- логистическая кривая:

$$Y_t = \frac{k}{1 + b \cdot e^{-at}}. \quad (3)$$

В качестве критерия выбора наилучшей кривой предлагается использовать среднеквадратическую ошибку (*MSE*), которая определяется по формуле:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \tilde{Y}_t)^2, \quad (4)$$

где n — количество членов временного ряда; Y_t — фактическое значение исследуемой величины в момент времени t ; \tilde{Y}_t — прогнозируемое значение исследуемой величины в момент времени t .

На рис. 1-4 (кривая 2) приведены кривые роста, аппроксимирующие соответствующие данные наилучшим образом (с учетом выбранного нами критерия — *MSE*).

Спрос на "железнодорожные" МПТ аппроксимируется наилучшим образом с помощью полинома третьего порядка, при этом $MSE = 301,9$. Уравнение полинома:

$$Y_G(t) = 21,0507 + 2,113 \cdot t - 0,090185 \cdot t^2 + 0,00158021 \cdot t^3. \quad (5)$$

Спрос на "рудничные" МПТ аппроксимируется наилучшим образом также с помощью полинома третьего порядка, при этом $MSE = 262,24$. Уравнение полинома:

$$Y_R(t) = 29,6004 + 1,56396 \cdot t - 0,160857 \cdot t^2 + 0,00300105 \cdot t^3. \quad (6)$$

Спрос на "крановые" МПТ аппроксимируется наилучшим образом также с помощью полинома третьего порядка. При этом $MSE = 155,2$. Уравнение полинома:

$$Y_K(t) = 19,7492 + 1,66696 \cdot t - 0,0991176 \cdot t^2 + 0,00129253 \cdot t^3. \quad (7)$$

Спрос на "общепромышленные" МПТ практически одинаково хорошо аппроксимируется с помощью полиномов, показательной кривой или кривой Гомперца, на рис. 4 (кривая 2) приведен полином второго порядка, при этом $MSE = 86,4$. Уравнение полинома:

$$Y_O(t) = 25,7993 - 0,644257 \cdot t + 0,00284766 \cdot t^2. \quad (8)$$

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА

Для прогнозирования спроса на 2011 г. полученные кривые роста спроса были экстраполированы, т.е. мы воспользовались полученными формализованными моделями. Экстраполированные кривые роста спроса по каждой группе МПТ приведены на рис. 5.

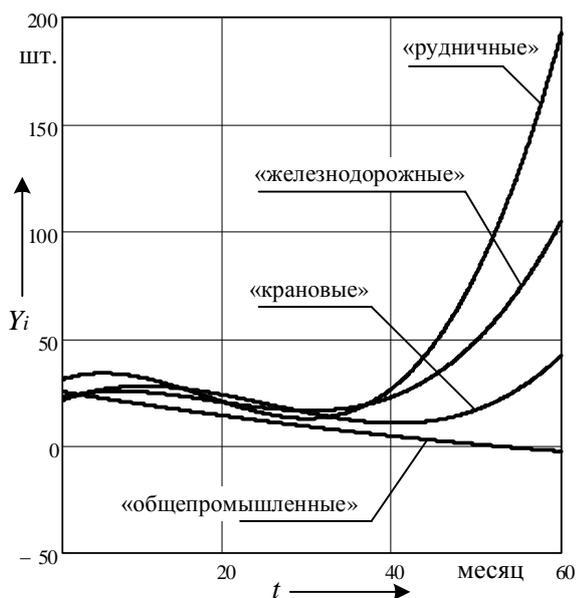


Рис. 5. Графики кривых роста спроса по четырем группам МПТ экстраполированные на 2011 г.

Как видно из рис. 5 наибольший спрос ожидается на "рудничные" МПТ, вторыми идут "железнодорожные", за ними "крановые" и отрицательный спрос на "общепромышленные". Относительно "общепромышленных" МПТ, любая из рассмотренных моделей будет давать отрицательный спрос. Это объясняется тем, что кривая роста имеет ниспадающую динамику и свидетельствует о падении спроса на эти МПТ.

Для оценки работоспособности полученных моделей сравним рассчитанные данные с реальными данными заказов МПТ за 2011 год. Данные заказов МПТ, выпущенных ПАО "Электромашина" за 2011 г., приведены в табл. 5.

Таблица 5

Месяц	Количество действительно заказанных МПТ в 2011 году, шт.			
	"железнодорожные"	"рудничные"	"крановые"	"общепром"
Январь	53	27	4	1
Февраль	51	56	0	7
Март	43	45	22	7
Апрель	73	47	12	12
Май	46	42	20	10
Июнь	88	62	18	5
Июль	100	64	26	6
Август	86	67	24	12
Сентябрь	120	57	30	5
Октябрь	126	61	43	11
Ноябрь	121	65	58	8
Декабрь	98	32	32	5

В целом модели демонстрируют хорошее совпадение, единственным отличием от нашего прогноза является то, что наибольшим спросом пользуются "железнодорожные", а не "рудничные" МПТ. Заказы на "общепромышленные" МПТ стабильны и не превышают 12 машин.

ВЫВОДЫ

1. Формализованные модели на базе кривых роста спроса достаточно просты для использования их при прогнозировании. Они позволяют получить качественную картину и усредненную оценку ожидаемого спроса на МПТ.

2. Ситуация с распределением занятых "мест" по спросу МПТ показывает, что необходим ежемесячный учет поступающих данных заказов и соответствующая корректировка математических моделей.

3. По результатам анализа и прогнозирования можно уверенно сказать, что наибольший интерес при модернизации необходимо уделить "железнодорожным" и "рудничным" МПТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубинина, О.Н. Анализ статистических моделей прогнозирования спроса на машины постоянного тока специального назначения [Текст] / О.Н. Дубинина, В.П. Шайда, В.А. Дубинин // *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. - 2010. - № 01(77). - С. 81-85.
2. Мезенцев, Ю.А. Экономико-математические методы [Текст] : учеб. пособие. / Ю.А. Мезенцев – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 212с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В. Орлова, В.А. Половников; под ред. В.В. Федосеева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 304с.

Bibliography (transliterated): 1. Dubinina, O.N. Analiz statisticheskikh modelej prognozirovaniya sprosa na mashiny postoyannogo toka special'nogo naznacheniya [Tekst] / O.N. Dubinina, V.P. Shayda, V.A. Dubinin // *Elektrotehnicni ta komp'yuterni sistemi*. - 2010. - № 01(77). - S. 81-85. 2. Mezencev, Yu.A. `Ekonomiko-matematicheskie metody [Tekst] : ucheb. posobie. / Yu.A. Mezencev - Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2004. - 212s. 3. `Ekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli [Tekst] : ucheb. posobie dlya vuzov / V.V. Fedoseev, A.N. Garmash, I.V. Orlova, V.A. Polovnikov; pod red. V.V. Fedoseeva. - 2-e izd. pererab. i dop. - M.: YuNITI-DANA, 2005. - 304s.

Поступила 08.11.2012

Дубинин Владимир Алексеевич
кафедра автоматизированных систем управления
Шайда Виктор Петрович, к.т.н., доц.
кафедра электрических машин
Дубинина Оксана Николаевна, к.т.н.
кафедра компьютерной математики
и математического моделирования
Национальный технический университет
"Харьковский политехнический институт"
61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21
e-mail: viktorshayda08@rambler.ru

Dubinina V.A., Shayda V.P., Dubinina O.N.
Demand forecasting for dc machines with application of formalized growth-curve-based models.

Demand forecasting for DC machines produced by ELECTROMASHINA Public Corporation (Kharkov, Ukraine) is performed with application of formalized models based on growth curves. Types of DC machines which are most promising for rebuilding are ascertained.

Key words – DC machines, growth curves based models, demand forecasting.