

УДК 338.4:656.225 DOI: 10.14451/1.222.216

Экономическое обоснование зависимости объема перевозок от провозной платы и уровня качества транспортного обслуживания на основе производственной функции

© 2023 **Лавров Илья Михайлович**

первый заместитель директора Института экономики и финансов, доцент, доктор экономических наук. Российский университет транспорта (МИИТ).

E-mail: ilya02lavrov10@yandex.ru

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, грузовые перевозки, качество обслуживания, стоимость услуг, организационное взаимодействие, производственная функция Кобба-Дугласа, экономическая эффективность.

Цель. Целью исследования данной статьи является определение характера зависимости абсолютного объема грузовых перевозок от ключевых потребительских факторов (стоимости и качества обслуживания) на рынке транспортных услуг и приоритетности (силы) их влияния на объем производимой транспортной продукции. В качестве объекта исследования рассматривается железнодорожный транспорт.

Задачи. Рассмотреть особенности построения двухфакторной экономико-математической модели зависимости на основе производственной функции Кобба-Дугласа и ее адаптации под условия функционирования субъектов транспортного рынка. Сформировать производственную функцию и определить на ее основе характер зависимости объема грузовых перевозок от цены и качества транспортных услуг.

Методология. В рамках достижения поставленной цели в статье были использованы статистические методы исследования анализа динамических рядов (на основе данных железнодорожной статистической отчетности и проекта «Индекс качества»), методы оценки эластичности спроса и построения агрегированной производственной функции Кобба-Дугласа.

Результаты. Построена и обоснована производственная функция зависимости объема грузовых железнодорожных перевозок от влияющих на него ключевых факторов: цены и качества транспортных услуг. Разработана формула данной зависимости с экономическим обоснованием входящих в нее параметров и с представлением ее в графическом трехмерном виде.

Выводы. В рамках проведенного анализа полученной зависимости был доказан факт приоритетности в реализации мероприятий по повышению качества транспортных услуг с точки зрения

потребительской заинтересованности, способных дать по сравнению с ценой больший полезный эффект для грузовладельца и как следствие для транспортной компании за счет прямого влияния на повышения потребительского спроса. Актуальность и новизна данного исследования заключается в формировании функции «объем – цена – качество перевозок» в сфере грузовых железнодорожных перевозок с использованием инструментария производственных функций и полученных значений коэффициентов эластичности на рынке транспортных услуг.

Введение

При изучении экономических аспектов взаимодействия ключевых субъектов транспортного рынка при реализации грузовых железнодорожных перевозок (1 – транспортных компаний и 2 – грузовладельцев) важным вопросом является разработка оценочного механизма по выявлению факторов, существенным образом влияющих на эффективность их сотрудничества. Исследуемые факторы, в случае их успешного обнаружения, взятия под управленческий контроль и рационального регулирования, способны послужить средством повышения эффективности производственной деятельности первых анализируемых субъектов и источником дополнительного стимулирования спроса на транспортные услуги для вторых анализируемых субъектов.

Как показывают результаты исследований [7, с. 40–43], на объем перевозок, несомненно, оказывает влияние множество факторов, среди которых наиболее значительными с потребительской точки зрения является уровень качества и стоимость оказываемых транспортных услуг. Результаты корреляционной матрицы дают представление о достаточно высокой тесной связи между данными параметрами [2, с. 124, 129–130].

Однако для более точного определения числовых значений взаимовлияния между анализируемыми показателями необходимо разработать формулу зависимости, которую можно применить на практике. В связи с этим представляет научный интерес исследовать зависимость фактического объема производства транспортных услуг сразу от обоих влияющих факторов, раз-

работав и применив для этого двухфакторную модель производственной функции. На основе составленной модели можно будет определить точную величину изменения объема перевозок при влиянии на него факторов цены и качества.

Также разрабатываемая модель будет представлять собой функцию полезности транспортных услуг в сфере грузовых перевозок. Она позволит определить графическое положение кривой безразличия (изокванты) в стереометрическом пространстве, характерной для современного грузовладельца, определить границы его потребительских предпочтений в условиях двухфакторной зависимости объема перевозок.

В предыдущих исследованиях [3, с. 88–89] была реализована попытка определить зависимость абсолютного показателя объема грузовых перевозок от уровня качества транспортного обслуживания на основе метода линейной аппроксимации в сочетании с методом наименьших квадратов, то есть на основе однофакторной модели. Также была предпринята попытка сравнить полученное значение с силой зависимости объема перевозок с относительным показателем уровня удовлетворенности грузовладельцами уровнем тарифов в отдельном однотипном анализе.

Материалы и методы

В настоящем исследовании рассмотрим зависимость объема от цены и качества перевозок грузов с построением двухфакторной экономико-математической модели на основе агрегированной производственной функции. В качестве производственной функции для расчетов применим функцию Кобба–Дугласа, скорректированную под конкретный анализ функционирования основной деятельности железнодорожного транс-

Таблица 1. Исходные данные для получения производственной функции с учетом специфики транспортного рынка грузовых перевозок.

Год	Квар- тал	Десезонализирован- ный объем перевозок грузов (P), тыс. т.	ln(P)	Уровень удовлетворенности грузовладельцев стоимостью услуг компаний- операторов (Cost), %	Общий Ин- декс каче- ства (GQI), %	ln (Cost)	ln (GQI)
2016	1	299363.72	12.61	63.00	65.00	6.76	4.17
	2	306219.49	12.63	60.00	66.00	6.84	4.19
	3	312058.79	12.65	49.00	62.00	6.96	4.13
	4	309157.49	12.64	44.00	60.00	7.08	4.09
2017	1	310790.51	12.65	48.00	63.00	7.31	4.14
	2	316505.07	12.67	42.00	63.00	7.57	4.14
	3	316678.88	12.67	40.00	61.00	7.64	4.11
	4	322371.49	12.68	40.00	61.00	7.74	4.11
2018	1	321498.62	12.68	40.00	61.00	7.79	4.11
	2	327106.92	12.70	40.00	61.00	7.83	4.11
	3	320687.44	12.68	40.00	58.00	7.89	4.06
	4	322201.50	12.68	41.00	62.00	7.94	4.13
2019	1	323742.25	12.69	42.00	61.00	7.97	4.11
	2	314859.28	12.66	49.00	64.00	7.96	4.16
	3	321864.99	12.68	51.00	64.00	7.87	4.16
	4	319015.16	12.67	56.00	65.00	7.73	4.17

Источник: составлено автором.

порта.

Как известно, составляющими факторами основной производственной функции Кобба-Дугласа являются капитал (K) и труд (L), определенное расчетное соотношение которых способствует реализации объема производства (Q) в необходимом количестве. Данная функция также предполагает наличие постоянной эластичности выпуска по анализируемым факторам производства (α, β):

$$Q = A \cdot L^{\alpha} \cdot K^{\beta}, \quad (1)$$

где

Q – объем производства продукции в определенный период времени (ед.);

A – параметр общей факторной производительности (технологический коэффициент;

L – затраты труда в производство определенного объема продукции (человеко-час);

K – затраты вложенного капитала в производство определенного объема продукции (капитало-час);

α – коэффициент эластичности по труду ($\alpha \geq 0$);

β – коэффициент эластичности по капиталу ($\beta \geq 0$).

Преобразуем стандартную функцию Кобба-Дугласа в целях ее применения для сферы транспортных услуг. В качестве зависимого фактора будет объем перевозок грузов (P, тыс. тонн); в качестве влияющих на него факторов – стоимость оказанных транспортных услуг (C, взамен параметра капитала) и Индекс качества (Q, взамен параметра труда). В совокупности со значениями коэффициентов эластичности дан-

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа.

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1.000	0.005	0.005	17.678	0.001
Остаток	14.000	0.004	0.000		
Итого	15.000	0.008			

Источник: составлено автором.

Таблица 3. Вывод итогов.

	Коэффициент эластичности	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	12.623	0.011	1174.599	0.000	12.600	12.646
ln(GQI/Cost	0.138	0.033	4.205	0.001	0.068	0.209

Источник: составлено автором.

ные факторы способны обуславливать характер отдачи от масштаба транспортной деятельности. Обновленный вид формулы выглядит следующим образом:

$$P = A \cdot Q^{\alpha} \cdot C^{\beta}, \quad (2)$$

Существенными параметрами производственной функции Кобба-Дугласа являются коэффициенты эластичности анализируемых факторов производства (стоимости и качества перевозок), которые отражают влияние изменения их количественного соотношения на физический объем грузовых перевозок при иных равных условиях.

На практике данные коэффициенты могут приобретать три варианта значений в рамках рассмотренной формулы:

1. $\alpha + \beta = 1$ – данное соотношение характеризует постоянную отдачу при изменении масштабов производства (например, рост обоих влияющих факторов на 100% способствует пропорциональному равномерному росту объема перевозок на 100%), производственная функция считается линейно однородной;
2. $\alpha + \beta > 1$ – данное соотношение характеризует возрастающую отдачу при изменении масштабов производства (например, рост обоих факторов на 100% способствует

росту объема перевозок более, чем на 100%), производственная функция в графическом виде будет более выпуклой;

3. $\alpha + \beta < 1$ – данное соотношение характеризует убывающую отдачу при изменении масштабов производства (например, рост обоих факторов на 100% способствует снижению объема перевозок более чем на 100%), производственная функция в графическом виде будет более сглаженной.

Таблица 4. Результаты регрессионной статистики.

Множественный R	0.747
R-квадрат	0.558
Нормированный R-квадрат	0.526
Стандартная ошибка	0.016
Наблюдения	16.000

Источник: составлено автором.

Основная работа будет заключаться в определении актуализированного параметра A, характеризующего общую факторную производительность, то есть величину влияния на объем перевозок прочих факторов, не включенных в данный анализ. Данный технологический коэффициент представляет собой некий нематериальный фактор влияния, который включает в себя особенности человеческих знаний (человеческий капитал) и технологических изменений (технологический капитал) в транспортной отрасли.

Технологическая динамика в отрасли как элемент общей факторной производительности в свою очередь имеет следующие свойства: способность привнесения позитивных внешних эффектов и неконкурентность.

Позитивные внешние эффекты будут заключаться в реализации новых технологий (или технологического процесса), в процессе постоянного их совершенствования (во время которого они зачастую удешевляются, обуславливая экономию финансовых ресурсов предприятия) и распространения (диффузии) в функционирующей отрасли.

Свойство неконкурентности достижений технологического процесса как элементов интеллектуальной собственности характеризует возможность их безграничного одновременного использования на практике множеством пользователей без дополнительных для них затрат, выраженных в предельных издержках, независимо от объема производства в течение длительного периода времени и обуславливает их общественный характер.

Данные свойства позволяют рассматривать показатель общей факторной производительности как важнейший драйвер экономического роста для отрасли, наряду с анализируемыми факторами функции Кобба-Дугласа.

Результаты

Производственная функция Кобба-Дугласа, преобразованная с учетом особенностей взаимовлияния ценового и неценового (качественного) фактора на изменение объема перевозок на рынке транспортных услуг, будет выглядеть следующим образом:

$$P = b_0 \cdot \left(\frac{GQI}{Cost} \right)^{b_1}, \quad (3)$$

где

P – объем перевозок грузов в определенный период времени, тыс. тонн;

GQI – значение Индекса качества, %;

$Cost$ – значение уровня удовлетворенности

грузовладельцев стоимостью услуг компаний-операторов подвижного состава, %;

b_0 – показатель общей факторной производительности в сфере транспорта;

b_1 – коэффициент эластичности в условиях взаимовлияния ценового и неценового фактора на изменение объема перевозок.

В виде логарифмического уравнения полученная модель производственной функции будет иметь следующий вид:

$$\ln P = \ln(b_0) + b_1 \ln \frac{GQI}{Cost}, \quad (4)$$

Произведем расчет разработанной производственной функции с использованием актуальных значений десезонализированного объема перевозок грузов на железнодорожном транспорте за период с 2016 по 2019 гг. Десезонализация данных была произведена на основе результатов ранее проводимых исследований, представленных, например [7, с. 46]. Данные исследуемых факторов влияния (стоимости и качества транспортных услуг) в процентном выражении взяты из материалов ежеквартального обследования потребительского транспортного рынка железнодорожных перевозок по проекту «Индекс качества» за аналогичный период [1].

Исходные данные для расчета с учетом проведенной процедуры логарифмирования ключевых параметров представлены в таблице 1.

Для получения числовых значений производственной функции, актуальных для транспортной отрасли, и построения на их основе графической функции Кобба-Дугласа были использованы средства для анализа данных компьютерной программы Microsoft Excel. Промежуточные расчетные таблицы 4, 2 и 3 были использованы для получения итогового результата исследования.

Результат полученной модели производственной функции зависимости объема перевозок грузов от стоимости и качества транспортных

услуг выглядит следующим образом:

$$P = 303456.04 \cdot \left(\frac{GQI}{Cost} \right)^{0.138}. \quad (5)$$

Представим полученный результат в графическом виде (рис. 1).

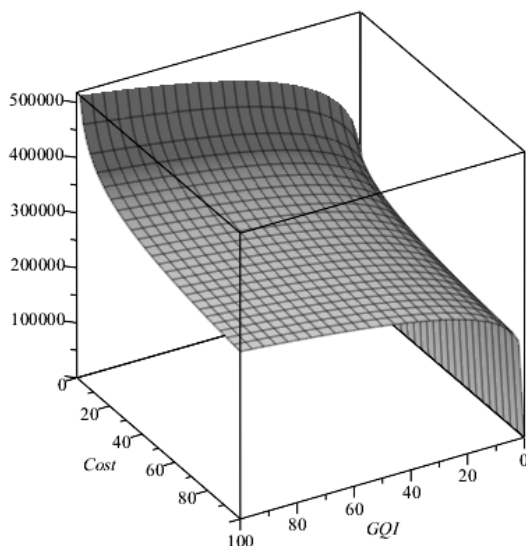


Рис. 1. Функция зависимости объема грузовых железнодорожных перевозок от их цены и уровня качества.

Таким образом, была получена двухфакторная модель производственной функции, характеризующая зависимость объема грузовых железнодорожных перевозок от влияния стоимостного и качественного параметра. На основе полученной функции, представленной в формуле (5), определено, что значение общей факторной производительности, обуславливающее влияние всех прочих факторов на объем перевозок грузов, составляет 303 456.04. Единый коэффициент эластичности, характеризующий зависимость объема перевозок от совместного влияния на него факторов цены и качества транспортных услуг, принимает значение, равное 0.138 ($E=0.138$).

Разберем полученные зависимости более подробно, рассмотрев влияние каждого фактора, влияющего на объем перевозок в отдельности. На рисунках 2 и 3 представлены данные зависимости в двухосной системе координат.

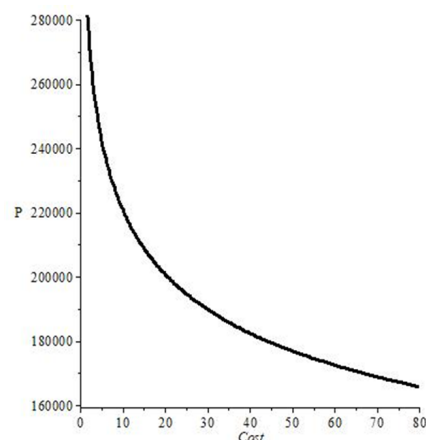


Рис. 2. Графическая зависимость объема перевозок (P) от стоимости услуг компаний-операторов (процентное выражение уровня потребительской удовлетворенности, Cost).

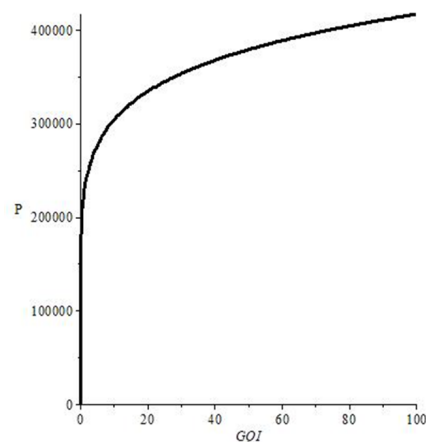


Рис. 3. Графическая зависимость объема перевозок (P) от уровня Индекса качества (GQI).

Дискуссия

Следует также отметить и обосновать несколько особенностей формулы (3), отличающих ее от стандартной функции Кобба-Дугласа.

Во-первых, расположение параметров формулы, характеризующих анализируемые факторы влияния на объем перевозок, в виде соотношения, возведенную в степень. Это обосновывается использованием их значений в процентном выражении, а также их противоположным характером влияния на результирующий показатель. Влияние изменения ценового фактора будет всегда иметь противоположный эффект на изменение объема перевозок, согласно основному закону

спроса. В то же время изменение фактора качества и зависимость от него объема перевозок происходит сонаправлено.

Во-вторых, в формуле представлено использование одного параметра, характеризующего коэффициент эластичности, возведенный в степень над отношением влияющих параметров. Использование обобщенного коэффициента эластичности обуславливается основной задачей данного исследования определить совместное влияние двух факторов на изменение объема перевозок. По этой причине в формуле приводится единый коэффициент эластичности, характеризующий обобщенное значение степени чувствительности объема перевозок от одновременного влияния на него стоимости и качества транспортных услуг. Данный коэффициент эластичности определяется по результатам процедуры математических расчетов при разработке производственной функции Кобба-Дугласа [4, с. 84–85].

Как видно из рисунка 1 характер зависимости полученной производственной функции «объем – цена – качество перевозок» в сфере грузовых железнодорожных перевозок принимает восходящий характер по обоим анализируемым факторам влияния. Это говорит о том, что оба анализируемых фактора влияния способны оказать положительное воздействие на изменение объема грузовых перевозок, тем самым придав ему эффект дополнительного роста в абсолютном выражении.

Как видно из рисунков 2 и 3 в обоих случаях подтверждается стандартное правило характера зависимости объема перевозок от влияющих рассматриваемых факторов [5, с. 73–75]: прямой характер зависимости от качества и обратный характер зависимости от цены. Причем при детальном рассмотрении влияния качества на объем перевозок, можно обратить внимание, что положительный эффект влияния качества начинается не при нулевом значении объема перевозок. Это подтверждает гипотезу о том, что определенная (минимальная) доля фактического объема грузовых перевозок может быть реа-

лизована при минимальном выполнении уровня качества транспортного обслуживания [6, с. 146–148].

Заключение

По итогам проведенных исследований была разработана производственная функция Кобба-Дугласа для транспортного рынка грузовых железнодорожных перевозок: $P = 303456.04 \cdot \left(\frac{GQI}{Cost}\right)^{0.138}$. Она отражает комплексный положительный характер воздействия ценового (Cost) и неценового (GQI) фактора на абсолютное изменение объема перевозимых грузов (P). Общая факторная производительность составила 303 456.04 тыс. тонн, единый коэффициент эластичности составил 0.138.

Можно сделать вывод, что при учете совместного влияния на объем перевозок фактора цены и качества при условии, что оба анализируемых параметра предстают в измененном (улучшенном) виде для грузовладельца, он в приоритетном порядке предпочтет и оценит изменение параметра качества над изменением цены. Поскольку, по сравнению с ценой, повышение качества транспортного обслуживания способно дать большее количество полезных эффектов для грузовладельца, которые могут выражаться в улучшении различных аспектов его взаимодействия с транспортной компанией, охватывать весь временной производственный цикл осуществления и реализации транспортной услуги (начиная с подачи заявки на перевозку и заканчивая фактом ее совершения), а также предусматривать возможность получения от перевозки внетранспортных эффектов, не отражающихся на финансовых результатах ее участников.

Использование инструментария расчета производственной функции зависимости объема грузовых перевозок от цены и качества транспортного обслуживания на практике поможет транспортным компаниям, реализующим данные услуги, определить характер и силу зависимости анализируемых факторов на спрос и тем самым более эффективно управлять их комбинацией с целью достижения максимально пол-

ного удовлетворения и повышения лояльности грузовладельцев. В перспективе разработанная двухфакторная экономико-математическая модель может быть применена для анализа зави-

симостей между объемом перевозок и другими производственными и потребительскими факторами, по которым имеются доступные статистические количественные данные.

Библиографический список

1. Исследование в сфере оценки потребителями качества услуг на рынке грузоперевозок железнодорожным транспортом. Отчет ежеквартальных исследований Индекса качества. 2016–2022 гг. / РЖД-Партнер. — URL: <https://spec.rzd-partner.ru/page710334.html> (дата обр. 18.12.2022).
2. Лавров И. М. Анализ структурной зависимости параметров качества обслуживания и объема перевозок грузов на железнодорожном транспорте // ЭТАП: Экономическая Теория, Анализ, Практика. — 2021. — № 1. — С. 121–131. — DOI: [10.24412/2071-6435-2021-1-121-131](https://doi.org/10.24412/2071-6435-2021-1-121-131).
3. Лавров И. М. Методика и результаты расчетов эластичности спроса относительно качества транспортного обслуживания // Мир транспорта. — 2014. — Т. 12, 1 (50). — С. 86–95.
4. Лебедев В. В., Лебедев К. В. Об определении значения коэффициента эластичности производственной функции Кобба–Дугласа // Вестник университета. — 2015. — № 12. — С. 84–92.
5. Макконнелл К. Р., Брю С. Л., Флинн Ш. М. Экономикс: принципы, проблемы и политика. — 21-е издание. — М.: Инфра-М, 2022. — 1152 с. — ISBN 978-5-16-012985-3.
6. Мачерет Д. А. Динамика железнодорожных перевозок грузов как макроэкономический индикатор // Экономическая политика. — 2015. — Т. 10, № 2. — С. 133–150.
7. Фактор неравномерности в экономике грузовых перевозок / Ю. И. Соколов [и др.] // Экономика железных дорог. — 2020. — № 6. — С. 39–47.