

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ «ЭФФЕКТА ХЛЫСТА» НА УРОВЕНЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВОК

Кандидат техн. наук, доцент **Вохмянина А. В.**,  
кандидат техн. наук, доцент **Журавская М.А.**, аспирант **Цяо Цун**  
(Уральский государственный университет путей сообщения. УрГУПС).

## THE ANALYSIS OF BULLWHIP «EFFECT INFLUENCE» ON THE LEVEL SERVICE IN THE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Ph. D. (Tech.), Associate Professor **Vochmyanina A.V.**,  
Ph. D. (Tech.), Associate Professor **Zhuravskaya M.A.**,  
Post-Graduate **Qiao Cong**  
(Urals State University of Railways)

*Эффект хлыста, управление цепью поставок, уровень транспортного обслуживания, вариация спроса на логистические услуги, классификация потребителей, уровни планирования и организации логистических процессов.*

*Bullwhip-effect, supply chain management, level of transport service, variation of demand for logistical services, classification of consumers, levels of planning and the organization of logistical processes*

*В статье приведен анализ российской и зарубежной научной литературы, посвященной «эффекту хлыста». Сделаны выводы об общих и отличительных точках зрения на причины появления «эффекта хлыста» и методы его сглаживания в трудах ученых России и других стран. Путем корреляционно-регрессионного анализа выявлены классификационные категории потребителей транспортных услуг в зависимости от уровня вариации спроса и степени его влияния на результирующие логистические показатели. Для потребителей выявленных категорий даны рекомендации для планирования, разработки и принятия логистического решения в цепях поставок.*

*There is the analysis of the Russian and foreign scientific literature, devoted to bullwhip-effect in the article. Conclusions about the general and distinctive points of view on the reasons for occurrence of bullwhip-effect and smoothing methods of its in works of scientists from Russia and other countries are received in article. Classification of transport services consumers on the basis of a demand variation level and a degree of its influence on result is lead. Recommendations are developed for planning and problem-solving in the supply chain management.*

В настоящее время конкурентная и нестабильная бизнес-среда предъявляет повышенные требования к качеству обслуживания не просто конкретного предприятия, а совокупности предприятий, входящих в состав логистической цепи поставок (ЛЦП). Сегодня на рынке соревнуются именно цепи поставок и успех бизнеса предприятия во многом зависит от того, насколько стабильна, устойчива та логистическая цепь, в которую это предприятие входит, нестабильность же цепи поставок вызывается эффектом, известным под названием «эффект хлыста».

Эффект хлыста (от англ. *bullwhip-effect*) – явление в логистической цепи поставок, при котором незначительные изменения спроса конечного потребителя приводят к значительным отклонениям в планах других участников ЛЦП (рис.1)[1].

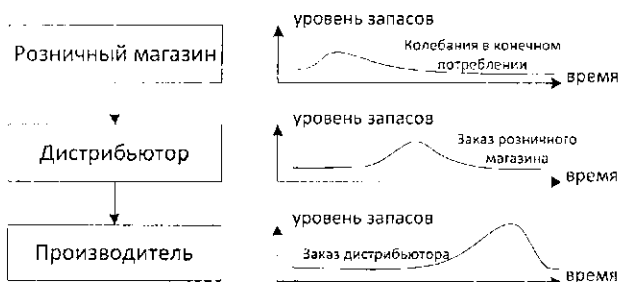


Рис.1. Эффект хлыста в цепи поставок

Эффект хлыста повышает риск невыполнения заказа клиента, снижает устойчивость цепи, а значит, и уровень обслуживания клиентов. Актуальность рассмотрения эффекта хлыста и изучение его влияния на уровень обслуживания обусловлена необходимостью совершенствовать управление взаимодействием участников логистических цепей поставок. С этой целью авторами исследования решены такие задачи, как: анализ российской и зарубежной научно-технической литературы, посвященной вопросам эффекта хлыста; изучение существующего математического инструментария, позволяющего описывать и измерять данный эффект и разработка нового; уточнение понятийного аппарата в рассматриваемой области; выработка рекомендаций по принятию управленческих решений для эффективного управления ЛЦ.

Вопросам изучения *bullwhip-effect* посвящено большое количество научных трудов как в России [1–8], так и в странах Запада [9–13]. Важно отметить, что особое внимание при анализе научно-технической литературы авторами было уделено работам китайских ученых [14–26]. Анализ трудов проведен с позиции идентификации причин появления эффекта хлыста в цепи поставок и методов его сглаживания. Такой анализ необходим для разработки мероприятий по устранению или снижению *bullwhip-effect*, результаты проведенного анализа сгруппированы и представлены в табл.1.

Таблица 1.

**Причины появления и методы сглаживания  
эффекта хлыста в цепи поставок**

Причины возникновения эффекта хлыста	Литер. источники	Методы сглаживания эффекта хлыста	Литер. источники
1. Ошибки в прогнозировании	2-10, 14,15,21, 23,24	Методы математического моделирования (в т.ч. XYZ-анализ)	3,4,11,15,23
		Стратегическое партнерство	7,14,21,24
2. Произвольное изменение объемов запасов и размеров заказов	2-10, 19-21,23	Построение новой политики управления запасами, основанной в т.ч. на стратегическом партнерстве	4,19-21,23
3. Колебания цен	2-10, 21-23,25	Разработка новой стратегии цепообразования, основанной, в т.ч., на корреляции между изменениями спроса и цены	21-23,25
4. Недостаток обмена информацией между участниками ЛЦ	2-5, 13,17,18	Внедрение информационных технологий	7,13,17,18
5. Отклонения во времени при выполнении заказа	2,4,5,7	Сокращение логистического цикла	7,17

Анализ научных трудов показал, что ученые всего мира в качестве основных причин появления эффекта хлыста выделяют практически одни и те же факторы, а для снижения эффекта предлагают методы, ориентированные, как правило, на развитие стратегического партнерства, информационные технологии и математическое моделирование. Однако при одинаковом количестве усилий в достижении стратегической цели и применении одних и тех же методов и средств управления результаты производительности в разных ЛЦП не равны. Об этом подробно написал Minnich Dennis в своей диссертации [27], где рассмотрена работа трех цепочек - А, В, С, которые визуализированы в двумерном пространстве по отношению к эффективности и чувствительности. Цепочка поставок А достигает высокого уровня чувствительности при низком уровне эффективности, а цепь С достигает высокой эффективности при низкой чувствительности. Цепь В достигает средней эффективности и средней чувствительности. Линия, связывающая эти три точки (рис.2), представляет собой максимальную чувствительность, она называется границей чувствительности.

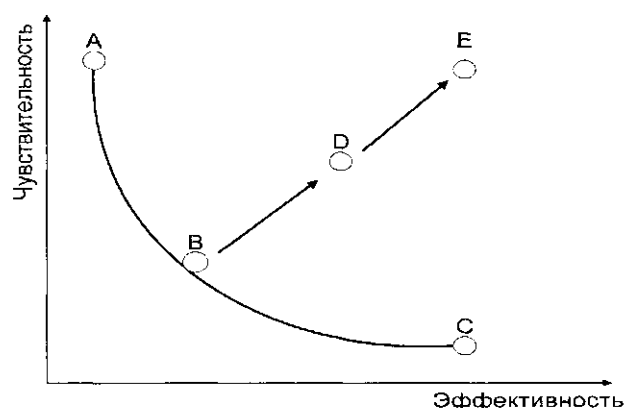


Рис. 2. Зависимость чувствительности цепи поставок от ее эффективности

Стратегической целью в данном примере является максимизация чувствительности ЛЦП на запросы клиентов по самой низкой стоимости. Теперь можно заметить, что ни одна из трех ЛЦП не достигает стратегической цели (цепь Е). Цепь D работает лучше, чем В, на обоих направлениях, хотя тоже не достигает максимальной чувствительности.

Поэтому данное направление исследований представляет большой интерес, как с точки зрения освоения уже достигнутых результатов, так и с целью разработки собственной идеологии, ориентированной на решение практических задач бизнеса.

В настоящее время исследования *bullwhip-effect* заключаются в основном в описательном анализе его причин и последствий. Однако для повышения практической значимости изучения данного феномена необходима методика его формализованной количественной оценки, по результатам которой можно будет осуществлять разработку и принятие логистического решения в конкретной цепи поставок. В работах многих современных специалистов в области управления цепями поставок представлены подходы к такой формализованной оценке и выявлению негативных последствий эффекта хлыста [28-31, 10].

Например, в работе [31] показано, что эффект хлыста может быть измерен по формуле следующего соотношения:

$$\text{Эффект хлыста} = \frac{\sigma_{ORATE} / \mu_{ORATE}}{\sigma_{CONS} / \mu_{CONS}}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – безусловная вариация заказов, размещенных покупателем поставщику за определенный период (ORATE), и продаж покупателя за этот же период (CONS);  $\mu$  – средняя величина заказов, размещенных покупателем поставщиком за определенный период (ORATE), и продаж покупателя за этот же период (CONS).

Соотношения в числителе и знаменателе формулы (1) могут быть представлены в виде показателя коэффициента вариации ( $V$ ), традиционно рассчитываемого в теории и статистике по формуле

$$V = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (2)$$

Основной характеристикой эффективности цепи поставок и логистических операций в ней является качество обслуживания [32]. Очевидно, что эффект хлыста в целом снижает уровень обслуживания потребителей, так как, в частности, значительная величина коэффициента вариации не позволяет осуществлять достаточно точное прогнозирование и эффективное планирование логистической деятельности.

Проиллюстрируем характеристику зависимости уровня логистического сервиса ( $\eta$ ) от коэффициента вариации ( $V$ ) на примере фрагмента транспортно-логистической цепи (рис. 3).



Рис. 3. Фрагмент цепи поставок

В качестве фокусного звена цепи поставок рассмотрим контейнерный терминал транспортной компании г. Екатеринбурга. На рис. 4 представлена годовая динамика уровней выбытия грузеных 20-футовых контейнеров. Из него видно, что колебания в течение года весьма существенны и не носят какого-либо явного сезонного характера. Принимающие звенья – грузовладельцы.

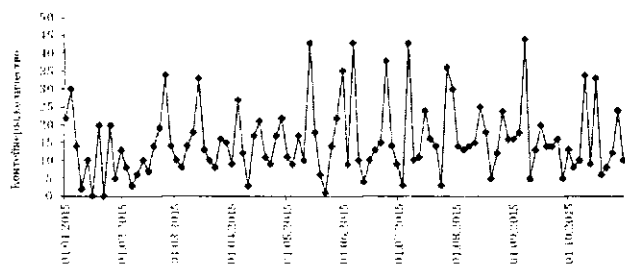


Рис. 4. Динамика уровней выбытия грузеных 20-футовых контейнеров

Обозначим объемные показатели спроса на логистические услуги транспортной компании  $Q$  (Quantity), тогда формула (2) для  $i$ -го грузовладельца примет вид:

$$V_i = \frac{\sigma_{Q_i}}{\bar{Q}_i} \cdot 100 \quad (2a)$$

В качестве средних величин будем использовать количественные показатели обслуживания грузовладельцев, а именно:

– среднюю величину заявки (в контейнерах, вагонах, тоннах и т.д.) одного грузовладельца ( $\bar{Q}_i = \mu_{ORATE}$ ):

$$\bar{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^m Q_{ij}}{m} \quad (3)$$

где  $Q_{ij}$  – величина заказа  $i$ -го ( $i = \overline{1, n}$ ) грузовладельца за  $j$ -ю единицу ( $j = \overline{1, m}$ ) времени (в нашем случае, например, в месяц);

– среднее квадратичное отклонение реальных значений величины заказа  $Q_{ij}$  от их средней величины  $\bar{Q}_i$  для каждого  $i$ -го грузовладельца ( $\sigma_{Q_i} = \sigma_{ORATE}$ ):

$$\sigma_{Q_i} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (Q_{ij} - \bar{Q}_i)^2}{m}} \quad (4)$$

По данным выборочного наблюдения транспортной компании была сформирована статистическая совокупность грузовладельцев (100 наблюдений), характеризующаяся их средней ежемесячной величиной заявок. Фрагмент данных и расчет коэффициента вариации представлен в табл. 2.

Таблица 2.

### Расчет коэффициента вариации спроса на логистические услуги транспортной компании

Принимающее звено	Объем заявок, контейнеров/месяц						Итого	Средняя	Коэффициент вариации
	1	2	...	11	12	$\Sigma$			
$i$							$\bar{Q}_i$	$V_i$	
1	$Q_{1j}$	12	12	...	12	12	144	12	0,0
	$(Q_{1j} - \bar{Q}_1)^2$	0	0	...	0	0	0	0	
2	$Q_{2j}$	30	30	...	30	31	361	30,1	0,9
	$(Q_{2j} - \bar{Q}_2)^2$	0,007	0,007	...	0,007	0,840	0,917	0,276	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
99	$Q_{99j}$	19	12	...	24	24	113	9,4	89,9
	$(Q_{99j} - \bar{Q}_{99})^2$	91,84	6,67	...	212,7	212,7	860,92	8,5	
100	$Q_{100j}$	9	7	...	8	11	48	4,0	93,5
	$(Q_{100j} - \bar{Q}_{100})^2$	25	9	...	16	49	168	3,7	

Для определения уровня сервиса ( $\eta$ ) также используем формулу, традиционную в транспортной логистике [33]:

$$\eta_i = \frac{\sum_{j=1}^m q_i}{\sum_{j=1}^m Q_i} \cdot 100 \quad (5)$$

Уровень сервиса определяется по формуле (5) как отношение выполняемого (фактического) объема заявок к общей величине заявки, предъявляемой к фокусному звену (табл. 3):  $q_i$  – фактическая величина заявок, выполненных без отказов и ожиданий в очереди на контейнерном терминале транспортной компании и поступивших от  $i$ -го принимающего звена (контейнеры) в единицу времени.

Таблица 3.

Расчет уровня логистического сервиса

Принимающее звено	Объем заявок, контейнеров/год	Фактический объем выполненных заявок, контейнеров/год	Уровень сервиса, %
$i$	$Q_i$	$q_i$	$\eta_i$
1	144	139	96,2
2	361	352	97,4
...	...	...	...
99	113	1	12,2
100	48	6	10,9

Рассматриваемое звено – контейнерный терминал транспортно-логистической компании – может находиться на любом участке цепи поставок. Именно поэтому наблюдается примерно одинаковое количество принимающих звеньев во всех трех группах.

Выявим закономерность влияния коэффициента вариации, характеризующего эффект хлыста и стабильность спроса на перевозку одного принимающего звена на уровень логистического сервиса. Для этого составим таблицу 4, содержащую результаты предыдущих расчетов.

Таблица 4.

Расчет характеристик зависимости уровня логистического сервиса от вариации спроса

Порядковый номер принимающего звена	Вариация спроса на логистические услуги, %	Уровень логистического сервиса	Расчетные графы			
			$V_i$	$\eta_i$	$\ln(A_0 - \eta_i)$	$V_i \cdot \ln(A_0 - \eta_i)$
$i$	$V_i$	$\eta_i$	$\ln(A_0 - \eta_i)$	$V_i \cdot \ln(A_0 - \eta_i)$	$V_i^2$	$\eta(V_i)$
1	0,0	96,2	1,335	0,0	0,0	96,0
2	0,9	97,4	0,956	0,9	0,8	95,9
...	...	...	...	...	...	...
99	89,9	12,2	4,475	402,3	8082,0	39,5
100	93,5	10,9	4,490	419,8	8742,3	32,6
$\Sigma$	4607,60	7617,10	278,04	15156,90	290078,50	7751,80

Графически взаимосвязь между коэффициентом вариации и уровнем сервиса представлена в виде поля корреляции на рис. 5.

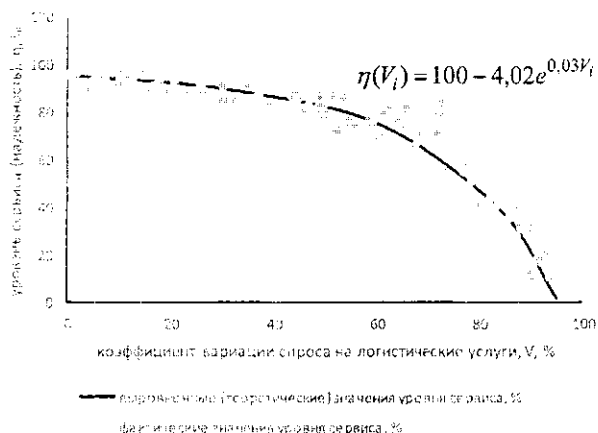


Рис. 5. Зависимость уровня сервиса от коэффициента вариации спроса

Выдвинем гипотезу об обратной экспоненциальной форме регрессии коэффициента вариации и уровня сервиса:

$$\eta(V_i) = A_0 - A_1 e^{a_2 V_i}, \quad (6)$$

где  $A_0$  – свободный элемент, характеризующий воздействие на уровень сервиса других, неучтенных в этом исследовании, факторов; определяется эмпирически как максимальное возможное значение результативного признака – уровня сервиса –  $A_0 = \eta_{\max} = 100\%$ ;

$a_1, a_2$  – параметры экспоненциального уравнения регрессии.

Для определения параметров экспоненциального уравнения регрессии линеаризуем уравнение (6) и представим его в виде:

$$A_0 - \eta(V_i) = e^{a_1 + a_2 V_i}. \quad (6a)$$

Тогда параметры экспоненциального уравнения регрессии будут рассчитываться по формулам:

$$a_2 = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n V_i \cdot \ln(A_0 - \eta_i) - \sum_{i=1}^n V_i \cdot \sum_{i=1}^n \ln(A_0 - \eta_i)}{n \cdot \sum_{i=1}^n V_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n V_i \right)^2}, \quad (7)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(A_0 - \eta_i) - a_2 \cdot \sum_{i=1}^n V_i}{n}. \quad (8)$$

Необходимые расчеты выполнены в таблице 4. Таким образом, параметры уравнения регрессии примут значения:

$$a_2 = \frac{100 \cdot 15156,8 - 4607,6 \cdot 278,0}{100 \cdot 290078,0 - 4607,6^2} = 0,03,$$

$$a_1 = \frac{278,0 - 0,03 \cdot 4607,6}{100} = 1,39; \quad A_1 = e^{1,39} = 4,02,$$

а уравнение регрессии примет вид:

$$\eta(V_i) = 100 - 4,02 e^{0,03 V_i}. \quad (9)$$

Расчитанная форма уравнения регрессии также показана на рис. 5 в виде нелинейной зависимости.

Важным этапом корреляционного анализа связи является оценка практической значимости синтезированных моделей. Смысл такой оценки состоит в том, чтобы обосновать применение метода функционального анализа при изучении корреляционной зависимости. Правомочность такого приема анализа будет оправданной только в тех случаях, если изучаемая корреляционная связь не столь значительно отстоит от функциональной (жесткой) связи.

Проверка практической значимости синтезированных в корреляционно-регрессионном анализе математических моделей осуществляется приемами, предложенными в [34-35].

Для проверки значимости рассчитанных параметров используем  $t$ -критерий Стьюдента. При этом вычисляются фактические значения  $t$ -критерия для экспоненциальной зависимости для параметров  $a_1$  и  $a_2$ :

$$t_{a_1} = e^{\frac{a_1 \sqrt{n-m}}{\sigma_{\epsilon}}}; \quad t_{a_2} = e^{\frac{a_2 \sqrt{n-m}}{\sigma_{\epsilon}}}, \quad (10-11)$$

где  $\sigma_{\xi}$  – среднее квадратическое отклонение фактических значений уровня сервиса от выровненных (теоретических) значений:

$$\sigma_{\xi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \eta(V_i))^2}{n}}, \quad (12)$$

$\sigma_V$  – среднее квадратичное отклонение факторного признака – вариации спроса  $V_i$  – от общей средней  $\bar{V}$ :

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n}}. \quad (13)$$

Промежуточные расчеты для оценки значимости параметров уравнения регрессии выполнены в таблице 5.

Таблица 5.

**Промежуточные расчеты для оценки значимости параметров уравнения регрессии**

Порядковый номер принимающего звена	Вариация спроса на логистические услуги, %	Уровень логистического сервиса	Теоретические уровни логистического сервиса	Расчетные графы			
				$(\eta_i - \eta(V_i))^2$	$\frac{ \eta_i - \eta(V_i) }{\eta_i}$	$(V_i - \bar{V})^2$	$(\eta_i - \bar{\eta})^2$
$i$	$V_i$	$\eta_i$	$\eta(V_i)$				
1	0,0	96,2	96,0	0,147	0,002	5446,14	401,16
2	0,9	97,4	95,9	2,335	0,016	5343,31	450,67
...	...	...	...	...	...	...	...
99	89,9	12,2	39,5	746,84	2,240	5417,25	4092,29
100	93,5	10,9	32,6	470,57	1,990	6856,17	4260,30
$\Sigma$	4607,6	7617,1	7751,8	4911,99	13,156	191928,06	48041,3

Тогда

$$t_{a_1} = e^{\frac{1,39 \cdot \sqrt{100-3}}{7,01}} = 5,49; \quad t_{a_2} = e^{\frac{3,45 \cdot \sqrt{100-3} - 43,81}{7,01}} = 3,45.$$

Полученные по формулам (10-11) фактические значения  $t_{a_1}, t_{a_2}$  сравниваются с критическим, который получают по таблице Стьюдента с учетом принятого уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $k$ . Прием уровень значимости  $\alpha = 0,05$  (тогда точность модели будет гарантироваться с вероятностью 0,95); число степеней свободы определяем как  $k = n - m$  (где  $m$  – количество параметров уравнения регрессии), тогда для рассматриваемого случая  $k = 100 - 3 = 97$ . Критическое (табличное) значение критерия Стьюдента для рассматриваемой совокупности и выбранной формы регрессии составит  $t_{\text{крит}}(0,05;97) = 1,98$ .

Полученные в анализе корреляционной связи параметры уравнения регрессии признаются типичными, так как  $t$  фактическое больше  $t$  критического:

$$5,49 > 1,98; \quad 3,45 > 1,98.$$

Таким образом, параметры уравнения регрессии признаются типичными, а сама модель адекватно описы-

вающей зависимость между уровнем сервиса и вариацией спроса на логистические услуги.

Фактические значения результативного признака отличаются от теоретических, рассчитанных по уравнению регрессии. Чем меньше эти отличия, тем ближе теоретические значения к эмпирическим данным, тем лучше качество модели. Величина отклонений фактических и расчетных значений результативного признака каждому наблюдению представляет собой **ошибку аппроксимации**. В отдельных случаях ошибка аппроксимации может оказаться равной нулю. Для сравнения используются величины отклонений, выраженные в процентах к фактическим значениям:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\eta_i - \eta(V_i)}{\eta_i} \right| \cdot 100\% \quad (14)$$

Ошибка аппроксимации рассчитана по итоговым данным таблицы 4:

$$A = \frac{1}{100} \cdot 13,15 \cdot 100\% = 13,15\%.$$

Значение ошибки не превышает 15 %. Это означает, что теоретическая кривая весьма точно описывает фактические процессы, связанные с влиянием вариации спроса на качество обслуживания грузовладельцев.

Проверка практической значимости синтезированных в корреляционно-регрессионном анализе математических моделей осуществляется посредством показателей тесноты связи между признаками, а именно - индекса корреляции:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{\xi}^2}{\sigma_{\eta}^2}}, \quad (15)$$

где  $\sigma_{\eta}^2$  – общая дисперсия результативного признака, отображающая совокупное влияние всех факторов:

$$\sigma_{\eta}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2}{n}; \quad (16)$$

$\sigma_{\xi}^2$  – остаточная дисперсия, отображающая вариацию результативного признака в зависимости от всех прочих факторов, кроме коэффициента вариации спроса на логистические услуги:

$$\sigma_{\xi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \eta(V_i))^2}{n}. \quad (12a)$$

Для анализируемой в данном случае информации, исходя из результирующих значений, полученных в таблице 4, индекс корреляции составит:

$$R = \sqrt{1 - \frac{49,1}{480,4}} = 0,95.$$

Для оценки значимости индекса корреляции  $R$  применяется  $F$ -критерий Фишера. Фактическое значение критерия  $F_R$  определяется по формуле

$$F_R = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m}{m - 1}. \quad (17)$$

$$F_R = \frac{0,95^2}{1-0,95^2} \cdot \frac{100-3}{3-1} = 425.$$

Величина  $F_R$  сравнивается с критическим значением с учетом принятого уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $k_1 = m - 1$  и  $k_2 = n - m$ . Для нашего случая:  $F_{\text{крит}}(0,05; 2; 97) = 3,09$ .

Так как  $F_R$  больше  $F_{\text{крит}}$  ( $425 > 3,09$ ), величина индекса корреляции признается значимой.

Для получения выводов о практической значимости синтезированной в анализе модели показанием тесноты связи дается качественная оценка на основе шкалы Чеддока, в соответствии с которой выявленная зависимость между уровнем сервиса и вариацией спроса очень высокая.

Проанализируем полученную зависимость для традиционной в логистике XYZ-классификации потребителей. Разные источники по-разному определяют границы вариации категорий потребителей. В данном исследовании воспользуемся классификацией, в которой потребители группы X определяются вариацией спроса до 25 %, группы Y – от 25 до 50%, группы Z – от 50 % и выше [36].

В таблице 6 и на рис. 6 представлены абсолютные и относительные приросты уровня сервиса в зависимости от величины вариации спроса на логистические услуги.

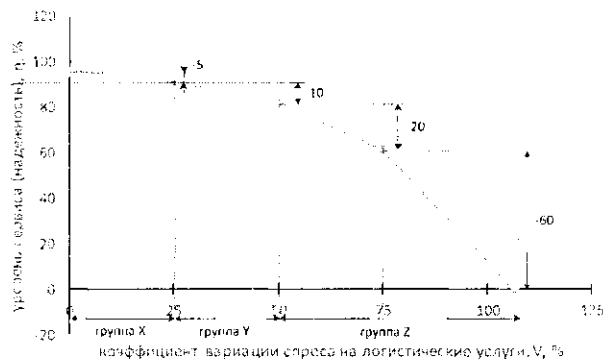


Рис. 6. Приросты уровней логистического сервиса

Таблица 6.

Приросты уровней логистического сервиса

Группа	Коэфф. вариации спроса, %	Уровень логистического сервиса, %	Абсолютный прирост, %	Наращивание, %	Темп роста, коэфф.
	$V$	$\eta$	$\Delta_{\eta}$		
	0	96,0			
X	<25	91,5	-4,5		0,953
Y	25-50	81,8	-9,7	-5,2	0,895
Z	>50	61,4	-20,3	-10,8	0,750
	106	0	-61,4	-41,1	0,000

Анализ приростов показывает, что сокращение уровня сервиса тем интенсивнее, чем больше вариация спроса на логистические услуги. Экспоненциальная форма зависимости подтверждает нарастающее негативное влияние вариации спроса на качество обслуживания потребителей. При этом каждый последующий процент прироста вариации спроса приводит к все бо-

лее серьезным проблемам как отдельных участников цепи поставок, преследующих собственные экономические и логистические интересы, так и к проблемам межорганизационного взаимодействия и координации. Нарушаются логистические принципы организации цепи поставок, в связи с закономерным снижением уровня сервиса участники сталкиваются с увеличивающимися расходами на выполнение логистических операций при одновременном увеличении недополученной прибыли.

Проведенный анализ подтверждает наличие эффекта хлыста: к группе X, как правило, относятся заказы принимающих звеньев, являющихся или конечными потребителями как таковыми, либо находящимися в непосредственной близости к потребителям в цепи поставок. А значит, их потери от недостаточного сервиса будут минимальны или они всегда найдут себе другое поставляющее звено. Из рис. 6 грузовладельцы группы X характеризуются достаточно стабильным спросом на логистические услуги – 0-25%. При этом сокращение уровня сервиса при увеличении вариации спроса достаточно незначительное: примерно 0,2 % на 1 % прироста вариации.

К группе X можно отнести предприятия, стабильно приобретающие логистические услуги у контейнерного терминала, – это крупные логистические провайдеры, транспортные операторские компании и региональные транспортно-распределительные центры, имеющие собственные логистические мощности и продвигающие материальный поток ближе к потребителю. Для потребителей логистических услуг этой группы возможно долгосрочное прогнозирование и стратегическое планирование взаимодействия с рассматриваемым фокусным звеном транспортно-логистической цепи. Координация в данном случае весьма эффективна, а сам эффект хлыста не может причинить большого ущерба ни стоимости, ни качественным показателям эффективности логистической деятельности в цепи поставок.

Стабильность спроса в объемном выражении при этом способствует возможности спецификации услуг, а следовательно, и поддержанию более высокого уровня логистического сервиса в целом, повышению надежности поставок по системе «точно-в-срок» при одновременном сокращении (или хотя бы поддержании на минимальном уровне) логистических затрат и издержек.

К группе Y, по наблюдениям, относятся конечные грузовладельцы, приобретающие логистическую услугу для организации собственного бизнеса, как правило, некружного. Звенья цепи поставок, объемы заказов которых находятся в группе Y, формируют дополнительные запасы или резервы логистических мощностей на случай спонтанного увеличения спроса. Эта группа как звено, обслуживаемое другими поставщиками логистического сервиса, находится в менее выгодной ситуации, чем звенья группы X: содержание резервов любой природы сопряжено с большими логистическими затратами и издержками. На рис. 6 видно, что снижение сервиса при увеличении вариации спроса более интенсивно, чем в группе X, и составляет в среднем 0,5-1,5 % на 1% прироста вариации.

При взаимодействии со звеньями группы Y наблюдается определенная периодичность заказов, но характеризующаяся значительными промежутками времени. Поэтому прогнозирование требует более сложных методологий для выявления и оценивания не только ос-

новой тенденции развития, но и сезонных колебаний, а в ряде случаев - привлечения экспертов для уточнения прогноза. Тем не менее, такое прогнозирование также может дать результат достаточно точный как для стратегического, так и для тактического планирования цепи поставок. Однако реализация таких планов все же будет сопряжена с рядом сложностей. Например, для поддержания на должном уровне качества логистического обслуживания звеньев этой группы фокусному звену придется содержать резерв логистических мощностей, что также повлечет за собой повышение стоимости логистической услуги.

К группе Z относятся звенья, заказывающие логистические услуги разово - периодичности в таких заказах не наблюдается. Логистическое обслуживание звеньев этой группы возможно только в оперативном режиме, так как спрос спрогнозировать невозможно. Оперативный уровень управления цепями поставок является наиболее сложным для планирования (а в некоторых случаях вообще невозможен), в связи с этим отсутствует возможность удовлетворения специфических требований заказчика при низких логистических издержках.

Вариация спроса на логистические услуги звеньев цепи поставок этой группы большая 50 % демонстрирует резкое сокращение уровня сервиса: на 1 % прироста вариации приходится 2-10 % сокращения уровня сервиса. Такая ситуация требует от поставщика логистических услуг максимального контроля над ситуацией; создания значительных резервов логистических мощностей; привлечения высококвалифицированного персонала, способного в самые короткие сроки предоставить услугу надлежащего качества. Хотя во многих случаях заказчики этой группы предпочитают именно сокращать уровень логистического обслуживания, для того чтобы не создавать существенных логистических издержек.

Представленная методика позволяет проанализировать влияние эффекта хлыста в целом и коэффициента вариации, как его важнейшей характеристики, на результирующие логистические показатели и разработать на основании этого анализа специфические и универсальные подходы к обслуживанию заказчиков логистических услуг. Такой анализ позволяет выявить тех заказчиков, спрос которых сложно спрогнозировать, что создает предпосылки для предоставления унифицированных «пакетных» логистических услуг. В отношении заказчиков со стабильным и периодичным спросом обосновывается возможность проведения стратегического и тактического планирования логистической деятельности в фокусном звене цепи поставок, создаются предпосылки для разработки программы межорганизационного управления и координации, а также для повышения качества логистического обслуживания при одновременном сокращении логистических затрат, что и является решением ключевой задачи логистики.

#### Литература

1. Сергеев В.И. Управление цепями поставок: учебник для бакалавров и магистров / В.И. Сергеев. - М.: Издательство Юрайт, 2014. С.282-292.
2. Дыбская В.В. Проблемы межорганизационной координации в цепи поставок и эффект хлыста // Логистика. - 2012. - №12. - С. 24-27.
3. Ярыгин О.Н. Математическая модель цепи поставок для исследования bullwhip-эффекта // Вектор науки ТГУ. - 2011. - №1(15). - С. 63-66.
4. Калабанова В.М. Необходимость изучения bullwhip-эффекта для менеджеров и экономистов // Вектор науки ТГУ. Серия: Экономика и управление. - 2013. - №2. - С. 30-33.
5. Мещанкина Т. Эффект хлыста или мнимые колебания спроса. - URL: [http://greencar.at.ua/news/ehffekt\\_khlysta\\_ili\\_mnimye\\_kolebanija\\_sprosa/2012-01-12-890](http://greencar.at.ua/news/ehffekt_khlysta_ili_mnimye_kolebanija_sprosa/2012-01-12-890)
6. Фетисов В.А., Головцов Д.Л. Проблемы синхронизации потоковых процессов в цепях поставок // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2012. - № 3 (79). - С.149.
7. Гвилия Н.А. Интегрированное планирование цепей поставок / Н.А. Гвилия. - СПб. :СПб ГЭУ, 2013. - 58 с.
8. Воронцова Е.В. Проблемы появления эффекта «Бычьего кнута» в процессе управления потоковыми процессами на предприятии // Вестник Волжского университета им.В.Н.Татищева. - 2010. - № 15. - С.1-7.
9. Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S. Information-distortion in a supply chain: The bullwhip effect, Management Science, 1997. - pp. 546-558.
10. Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S., The Bullwhipeffect in supply chains, sloan management review, 1997. - pp. 93-102.
11. Kahneman D., Slovic P., Tversky A. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. - 555 с.
12. Carlsson C., Fuller R. Reducing the bullwhip effect by means of intelligent, soft computing methods. Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences, 2001, Vol. 3 (<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=820659>)
13. Cannella S., Ciancimino E. On the Bullwhip avoidance phase: supply chain collaboration ad order smoothing. International Journal of Production Research 30-Jul-2009. - p.27.
14. Фу Е, Чжэн Шао Лиань. Эффект хлыста в цепях поставок – причина и контрмеры // Инжиниринговый менеджмент. Шанхай. - 2002. - № 1. - С.82 – 84 (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=5920597>)
15. Чжуцолун, Таосяоань, Ваншицзюнь. Анализ эффекта хлыста в цепях поставок // Исследование торговли. Нанькин. - 2004. - № 23. - С.10-13 (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=11283140>)
16. Сюшэнью. Эффект хлыста в цепях поставок // Международная торговая технология. Шанхай. - 2005. - № 3. - С.40-44. (<http://www.ib-t.commerce.sh.cn/2005/200503.htm>)
17. Цзяхюбо. Влияние эффекта хлыста на цепи поставок и анализ его решения // Модернизация рынка. Сиань. - 2006. - №9. - С. 5-10. (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=22958752>)
18. Чжансинь, Лювэйэй. Анализ снижения эффекта хлыста на основе обмена информации // Информационная технология в экономике. Пекин. - 2009. - №6. - С. 184 – 187. (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=21427198>)
19. Юцзян, Чуфэн. Метод уменьшения эффекта при обмене информации // Цепь товарных поставок. Нанькин. - 2004. - №27. - С. 40-44.

20. Шаосяофэн, Цицианхуа, Хуанпэйцин. Анализ эффекта хлыста в цепях поставок // «Дунхуа» университетская наука. Шанхай. - 2001. - № 4. - С. 184-187. (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=5605371>)
21. Тансяндун. Анализ эффекта хлыста цены поставок на технологическом уровне // Железнодорожный транспорт и экономика. Гуанчжоу. - 2008. - № 5. - С. 65-69. (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=27293568>)
22. Тансяндун. Анализ влияния эффекта хлыста цены поставок на срок поставки // Экономист. Фошань. - 2010. - №5. - С. 46-47. (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=34401738>)
23. Чжоучжэньхуа. Эмпирическое исследование явления эффекта хлыста в цепях поставок // STU комментарий бизнеса. Шаньтоу. - 2009. - № 3. - С. 13-16. (<http://br.stu.edu.cn/ArticleDetail.aspx?iNewsId=68>)
24. Цзясихун, Хюваньли. Решение эффекта хлыста в цепях поставок // Современная наука менеджмента. Чжуншань. - 2009. - №2. - С. 36-38. (<http://wenku.baidu.com/view/ade2ac9a51e79b8968022692.html>)
25. Хуциньюн. Анализ явления эффекта хлыста // Современная торговая промышленность. Шаньси. - 2009. - №24. - С. 17-18. (<http://kxrc.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=XDSM200924009&dbcode=CJFQ&dbname=CJFD2009>)
26. ЧэньЧанбинь. Анализ эффекта хлыста на основе рекламного продвижения и акции // Революция промышленной технологии. Ханчжоу. - 2012. - №2. - С. 103-107. (<http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=41021225>)
27. Minnich Dennis. Efficiency and Responsiveness of Supply Chains in the High-Tech Electronics Industry. A System Dynamics-Based Investigation // Doctoral Thesis. The University of Mannheim, 2007. - P.12-13.
28. Журавская М.А., Лемперт А.А., Смородинцева Е.Е. О математическом инструментарии для поддержки принятия решений в логистических системах различных уровней // Инновационный транспорт. Екатеринбург. - 2012. - № 5(6). - С. 20-23.
29. Бродецкий Г.Л. Управление рисками в логистике: учеб. пособие / Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев, Е.А. Елин. - М.: Академия, 2010.
30. Иванов Д.А. Управление ценами поставок / Д.А. Иванов. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009.
31. Disney S.M. The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the bullwhip effect in supply chains / S.M. Disney, D.R. Towill // Int. J. Production Economics. - 2003. - Vol. 85. - P. 199-215.
32. Баэурсокс Д.Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок / Д.Дж. Баэурсокс, Д.Дж. Клосс. - М.: Олимп-Бизнес, 2001. - С. 77.
33. Вохмянина А.В. Математическая модель экономического обоснования уровня сервиса логистических центров // Вестник УрГУПС. - 2009. - № 3-4. - С. 109-117.
34. Орлов А.И. Прикладная статистика. - М.: Издательство «Экзмен», 2006.
35. Общая теория статистики: Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности / А.И. Харламов, О.Э. Башина, В.Т. Бабурин и др.; Под ред. А.А. Спирина, О.Э. Башиной. - М.: Финансы и статистика, 2012.
36. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. и науч. редакцией проф. В.И. Сергеева. - М.: ИНФРА-М, 2004. - С. 545.

#### Сведения об авторах

**Вохмянина Анна Владимировна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС).

E-mail: AVohmyanina@mail.ru

**Журавская Марина Аркадьевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры «Мировая экономика и логистика» УрГУПС.

E-mail: MZhuravskaya@usurt.ru

**Цун Цяо** – аспирант кафедры «Мировая экономика и логистика» УрГУПС