

-
- Martinez-Olvera C.* Entropy as an Assessment Tool of Supply Chain Information Sharing // *European Journal of Operational Research*. 2008. № 185. P. 405–417.
- Mason-Jones R., Towill D.R.* Coping with Uncertainty: Reducing Bullwhip Behavior in Global Supply Chains // *Supply Chain Forum: An International Journal*. 2000. № 1 (1). P. 40–45.
- Natour A., Gibson P.* Managing The Multi-Agent Supply Network: Agents Relationships, Risk, and Collaboration // *Cambridge Business & Economics Conference*. 2011. June 27–28.
- Shannon C.E.* A Mathematical Theory of Communication // *The Bell System Technical Journal*. 1948. № 27 (3). P. 379–423.
- Singh K.* The Impact of Technological Complexity and Inter Firm Cooperation on Business Survival // *Academy of Management Journal*. 1998. № 40 (2). P. 339–369.
- Sivadasan S., Efstathiou J., Frizelle G., Shirazi R., Calinescu A.* An Information-Theoretic Methodology for Measuring the Operational Complexity of Supplier-Customer Systems // *International Journal of Operation and Production Management*. 2002. Vol. 22. № 1. P. 80–102.
- Sundar R.T., Lakshminarayanan S.* Entropy Based Optimization of Decentralized Supply Chain Networks // *Proceedings of the 17th World Congress. The International Federation of Automatic Control*. Seoul. Korea. July 6–11, 2008. P. 10588–10593.
- Zsidisin G.A., Ellram L.M. et al.* An Analysis of Supply Risk Assessment and Techniques // *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 2004. № 34 (5). P. 397–413.

Рукопись поступила в редакцию 11.04.2012 г.

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПОСТАВКУ ПРОДУКЦИИ ИЗ ГОЛОВНОГО ОФИСА В ФИЛИАЛ

К.В. Архипов

Статья посвящена моделированию процессов поставок продукции из головного офиса компании в филиал с применением теории оптимального управления. Рассматривается рынок алкогольной продукции, для которого логистические затраты вносят значительный вклад в стоимость товара на полке. В результате применения модели на базе прогноза спроса на продукцию был составлен оптимальный план поставок в филиал, а также график изменения вместимости склада.

Ключевые слова: логистика, цепи поставок, оптимизация логистических процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Во время кризиса особенно остро для большинства торговых компаний стоит вопрос сокращения издержек, что позволит избежать банкротства и приобрести конкурентные преимущества на рынке. Для торговой компании от 25 до 40% стоимости товара на полке для конечного потребителя приходится именно на логистические затраты (Басова, 2004). В этой связи большое внимание следует уделять грамотной организации работы всей логистической цепочки.

В последние 10 лет логистика в России получила активное развитие как новое прикладное направление научной деятельности. Число публикаций, посвященных вопросам логистики, значительно увеличилось. В них,

© Архипов К.В., 2012 г.

с одной стороны, большое внимание уделяется логистическим концепциям и терминологии, в то же время, с другой стороны, логистическая методология представлена рядом стандартных моделей, недостаточно проработанных и систематизированных (Лагоша, Дегтярева, 2000). Поэтому значительный практический интерес представляет разработка моделей, охватывающих материальный поток в динамике, включающий несколько звеньев логистической цепочки.

1. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Несмотря на высокую значимость аналитических методов в логистике, большинство компаний применяют модели, которые существенно упрощают логистические процессы.

Многие исследователи отмечают, что развитие логистических концепций на предприятиях проходит несколько этапов (Архипов, 2009).

На первой стадии логистика включает только хранение и доставку конечного продукта. Эти функции осуществляются в ответ на ежедневные колебания спроса.

На второй стадии логистика также включает обслуживание клиентов, обработку заказов и планирование процессов хранения конечного продукта. Таким образом, интегрируются все логистические функции в сфере дистрибуции конечного продукта. Предприятия составляют сметы логистических расходов, а главное внимание уделяется автоматизации бизнес-процессов и снижению текущих затрат.

На третьей стадии к результатам, достигнутым на предыдущей стадии, добавляется прогнозирование продаж, управление закупками сырья и материалов, проектирование логистической системы. На предприятии внедряются стандарты качества.

На четвертой стадии все логистические функции интегрируются, компания выходит на новые рынки, в том числе на международный, что вызывает необходимость учитывать международное законодательство. Для предприятия возрастает потребность во взаимодействии с «третьей стороной» (логистическими посредниками 3PL).

Переход от одной стадии к другой может быть постепенным или скачкообразным (в результате внутри- или межкорпоративных слияний) и длится от шести месяцев до двух лет, при этом полный цикл перехода с первой на четвертую стадию логистического развития длится в среднем 20 лет (Айвазян, Мхитарян, 2001).

В настоящее время формирование логистических концепций не окончено, продолжается дальнейшая интеграция процессов, которые выходят за рамки одного предприятия. Управление поставками материальных ценностей осуществляется на региональном, национальном и глобальном уровнях. На четвертой стадии возникают компании, специализирующиеся на оказании полного перечня логистических услуг, в том числе консалтинга и стратегического управления (Архипов, 2009).

Для российских компаний крайне важно уделять значительное внимание развитию логистических методов и внедрению их в производственный процесс, так как в настоящее время производственные и коммерческие затраты в различных областях экономики превышают показатели в развитых странах мира в 2–8 раз (Лагоша, Дегтярева, 2000).

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОСТАВКИ ПРОДУКЦИИ В ФИЛИАЛ

В работе рассматривается вопрос построения динамической оптимизационной модели управления поставками в филиал торговой компании. Поставки осуществляются из головного офиса, предлагаемая модель

апробирована на компании «Лудинг», являющейся лидером в импорте алкоголя на российском рынке.

На первом шаге исследования необходимо построить прогноз продаж на предстоящий расчетный период (год). В качестве филиала рассматривается структурное подразделение Лудинг – Новосибирск. Прогноз продаж строится на один год вперед (2011 г.) с использованием модели Уинтерса и применением ARIMA к остаткам (Arkhipova, Arkhipov, 2011) (рис. 1). Точность прогноза по модели на период 1 составляет 4,76%, автокорреляция в остатках отсутствует.

На втором этапе исследования для последующего построения модели были введены следующие условные обозначения: $r(t)$ – прогноз продаж, тыс. бут.; t – индекс месяца ($t = 0, 1, 2, \dots, T$); T – период планирования (12 месяцев); $x_1(t)$ – вместимость склада в месяц t , тыс. бут.; $x_2(t)$ – число бутылок, находящихся на складе в месяц t , бут.; $c_1(t)$ – стоимость поставки бутылки в месяц t , р.; $c_2(t)$ – стоимость хранения бутылки в месяц t , р.; $c_3(t)$ – стоимость аренды склада за 1 м^2 в месяц t , р. (полагаем, что на 1 м^2 может быть размещено 100 единиц продукции); $u_1(t)$ – управление: заявка на заказ продукции. Заказанное количество продукции будет до-

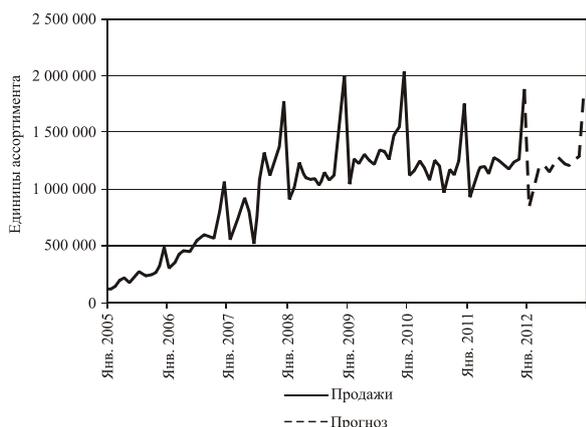


Рис. 1. Прогноз продаж по модели Уинтерса и применение модели ARIMA (1, 0, 1) к остаткам

ставлено на склад в следующем месяце ($t + 1$); $u_2(t)$ – управление: изменение вместимости склада в соседние месяцы.

- значения $r(t)$ были получены на первом шаге в результате построения прогноза на 2012 г.;

- значения функций $c_1(t)$, $c_2(t)$, $c_3(t)$ были определены для каждого периода на основе экономического анализа ситуации в исследуемом регионе;

- параметры $x_1(t)$ и $x_2(t)$ были рассчитаны по формулам, представленным ниже;

- функции $u_1(t)$ и $u_2(t)$ управляют логистическими процессами, их значения для каждого месяца были рассчитаны.

Поскольку алкогольная продукция не является скоропортящейся, есть возможность сформировать товарный запас на будущие периоды. Большие поставки могут быть осуществлены в периоды, когда стоимость поставки низкая. Таким образом, если в месяц t осуществляется поставка товара, превышающая спрос на него в текущем периоде, остаток будет сохранен в качестве запаса до следующего периода (Arkhipova, Arkhipov, 2011a, 2011b).

Проблема заключается в том, чтобы организовать график поставок (т.е. $u_1(t)$ для $t = 0, 1, 2, \dots, T - 1$) таким образом, чтобы минимизировать суммарные издержки в течение периода планирования:

$$J = \sum_{t=0}^{T-1} u_1(t) \cdot c_1(t) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Предположим, что вместимость склада постоянна $x_1(t) = \text{const}$, позднее этот параметр был включен в модель как динамическая переменная.

Разница между количеством товара, хранимого на складе, и спросом в месяце t ($x_2(t) - r(t)$) и будет являться запасом на следующий период. Таким образом, формула для нахождения $x_2(t)$ была сформулирована в следующем виде:

$$x_2(t + 1) = x_2(t) - r(t) + u_1(t), \quad (2)$$

где $x_2(t + 1)$ – количество товара на складе в следующем периоде; $x_2(t)$ – количество товара на складе в текущем месяце; $r(t)$ – спрос на товар в текущем периоде; $u_1(t)$ – товар, заказанный на следующий период.

Исходя из условий модели введены следующие ограничения:

$$u_1(t) \geq 0 \quad (3)$$

(количество заказываемого товара должно быть неотрицательным);

$$x_2(t) \geq r(t) \quad (4)$$

(в каждый период количество товара на складе должно быть достаточным для удовлетворения спроса);

$$x_2(t) \leq x_1(t) \quad (5)$$

(количество товара на складе не должно превышать его вместимость).

Входные параметры модели представлены в табл. 1, в которой $u_1(t)$ – целевая функция заказов на доставку товара в филиал.

Результат построения модели (1) с уравнением состояния (2) и ограничениями (3)–(5) представлен на рис. 2.

Суммарные затраты J для рассчитанного плана поставок составляют 27,1 млн р. Результат для этой модели и двух последующих модификаций получен по методу Гамильтона–Якоби–Беллмана для многошаговых процессов.

Как отмечалось выше, в нашей модели учитывается только один параметр, на следующем шаге исследования в модель была добавлена стоимость хранения одной единицы

ассортимента $c_2(t)$, которая значительно меняется в зависимости от сезона.

С инвестиционной точки зрения также важно минимизировать отклонение между спросом и предложением (предложение в нашей модели – это количество товара, хранимого на складе). Если мы формируем запас на будущие периоды, то это приводит к заморозке капитала, в противном случае, если товара на складе недостаточно для удовлетворения спроса, компания несет убытки в виде недополученной прибыли. В нашей модели мы ограничим дефицит: не более 10% от прогнозируемого спроса. Таким образом, модифицированное ограничение (4) имеет вид:

$$x_2(t) \geq 0,9 \cdot r(t). \quad (4^a)$$

Введем следующие условные обозначения: $\xi(t)$ – разница между предложением и спросом в месяц t ; $\xi(t) = x_2(t) - r(t)$; $f(\xi)$ – функция потерь от разницы между предложением и спросом в месяц t . В случае профицита предложения товара взята безрисковая ставка 0,8% в месяц, для дефицита предложения выбрана ставка средней доходности в месяц 2%.

$$f(\xi) = |x_2(t) - r(t)| \cdot price \times \begin{cases} 0,008, & \text{если } (x_2(t) - r(t)) > 0 \\ 0,02 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где $price$ – средняя стоимость единицы ассортимента 7 долл. Функция $f(\xi)$ изображена на рис. 3.

Таким образом, после добавления новых параметров модифицированная модель имеет вид:

Таблица 1
Входные параметры модели

Месяц	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$r(t)^*$	0	827	1050	1206	1231	1141	1310	1277	1224	1207	1272	1294	1932
$C_1(t)$	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,5	2	3	2,5
$x_1(t)^*$	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
$X_2(t)$	0	$x_2(t + 1) = x_2(t) - r(t) + u_1(t)$											

* Данные на 1000 ед. продукции.

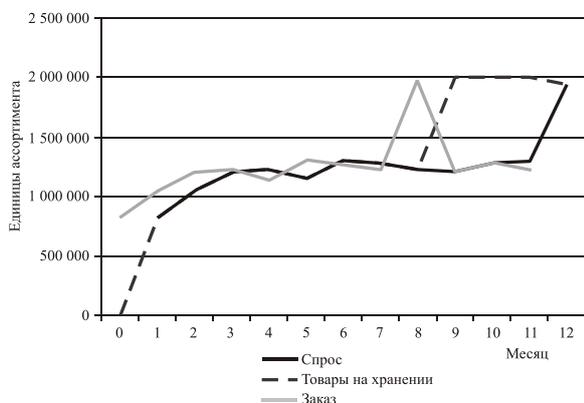


Рис. 2. Результаты применения модели

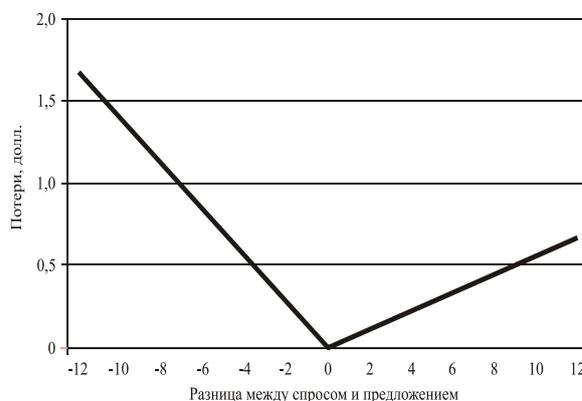


Рис. 3. Функция потерь от несовпадения спроса и предложения

$$J = \sum_{t=0}^{11} (u_1(t) \cdot c_1(t) + x_2(t) \cdot c_2(t) + f(\xi(t))) + x_2(12) \cdot c_2(12) + f(\xi(12)) \rightarrow \min.$$

Уравнение динамики системы:

$$x_2(t+1) = x_2(t) - r(t) + u_1(t),$$

Ограничения:

- 1) $u_1(t) \geq 0$;
- 2) $x_2(t) \geq 0,9 r(t)$;
- 3) $x_2(t) \leq x_1(t)$.

Значения новой включаемой в модель функции $c_2(t)$ (стоимость хранения на складе) для Новосибирского региона представлена в табл. 2.

На рис. 4 представлена динамика логистических показателей после включения в модель факторов: стоимость хранения продукции и стоимость потерь от несовпадения спроса и предложения. Для каждого периода количество товара, размещенного на складе, эквивалентно спросу на него, т.е. запас не за-

готавливается. Исключение составляет только зимний период, когда стоимость перевозки существенно возрастает и формирование товарного запаса экономически обосновано. Однако формирование запаса ограничено вместимостью склада (2 млн единиц продукции), ниже в модели этот показатель будет рассмотрен как динамическая переменная. Другой результат, полученный по данной модели, свидетельствует о том, что на протяжении всего периода планирования (2011 г.) оказалось нецелесообразным создавать дефицит продукции (согласно ограничению (4^а) модель допускает дефицит не более 10% спроса). Исключение составляет только декабрь, спрос на продукцию в который значительно повышается, а транспортировка продукции требует значительных расходов. Для снижения суммарных затрат модель предполагает наличие дефицита в 10% в декабре.

Значение целевой функции J по полученной модели составляет 33,3 млн р., что на 6,2 млн р. выше, чем результат, полученный

Таблица 2

Входные параметры модели: стоимость хранения товара на складе

Месяц	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$c_2(t)$	0,26	0,3	0,24	0,22	0,19	0,18	0,15	0,15	0,15	0,18	0,2	0,25	0,26

по модели, не учитывавшей потери от несоответствия спроса и предложения.

Формирование запаса продукции на зимний период ограничено вместимостью склада, на следующем этапе исследования в модель был добавлен новый параметр $u_2(t)$, который отображает разницу между вместимостью склада в два соседних периода:

$$u_2(t) = x_1(t + 1) - x_1(t)$$

или в каноническом виде

$$x_1(t + 1) = x_1(t) + u_2(t).$$

В модель также было включено дополнительное ограничение на частоту изменения вместимости склада: не чаще одного раза в сезон (квартал), то есть: $u_2(0, 3, 6, 9) \neq 0$; $u_2(1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11) = 0$.

В модели также учитывается такой параметр, как стоимость аренды склада за 1 м²: $c_3(t) = 8$ долл. для каждого периода $t = 0, 1, 2, \dots, T$.

Таким образом, с учетом введенных ограничений итоговая модель имеет вид:

$$J = \sum_{t=0}^{11} (u_1(t) \cdot c_1(t) + x_2(t) \cdot c_2(t) + f(\xi(t)) + x_1(t) \cdot c_3(t) + x_2(12) \cdot c_2(12) + f(\xi(12)) + x_1(12) \cdot c_3(12) \rightarrow \min.$$

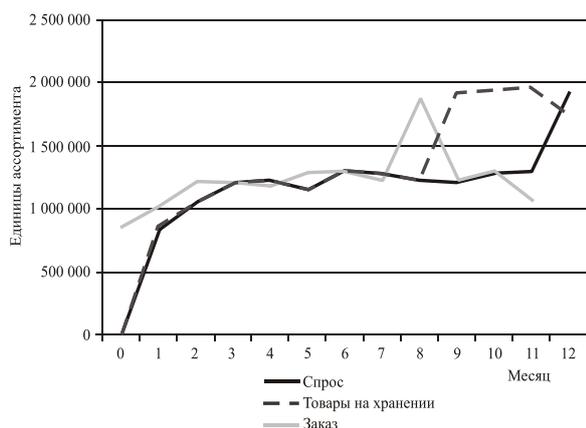


Рис. 4. Результаты модифицированной модели

Уравнения динамики системы:

- 1) $x_2(t + 1) = x_2(t) - r(t) + u_1(t)$;
- 2) $x_1(t + 1) = x_1(t) + u_2(t)$.

Ограничения:

- 1) $u_1(t) \geq 0$;
- 2) $x_2(t) \geq 0,9 \cdot r(t)$;
- 3) $x_2(t) \leq x_1(t)$.

Результаты применения представленной модели отображены на рис. 5: следует уменьшить вместимость склада с 2 млн единиц продукции до 1,2–1,3 млн единиц для весеннего, летнего и начала осеннего сезонов; для зимнего сезона (начиная с октября) вместимость склада должна быть увеличена до 1 738 673 единиц продукции.

Формирование запаса целесообразно производить только на начало зимнего периода: большую поставку следует осуществить в сентябре (месяц начала формирования запаса сдвинут на 1 шаг вперед по сравнению с предыдущими моделями, так как привязан к сентябрю – месяцу, в который возможно расширить склад). В октябре и ноябре следует осуществлять поставки ниже прогнозируемого уровня потребления. Также в результате исследования установлено, что для всех периодов экономически невыгодно допускать дефицит предложения, кроме декабря, когда

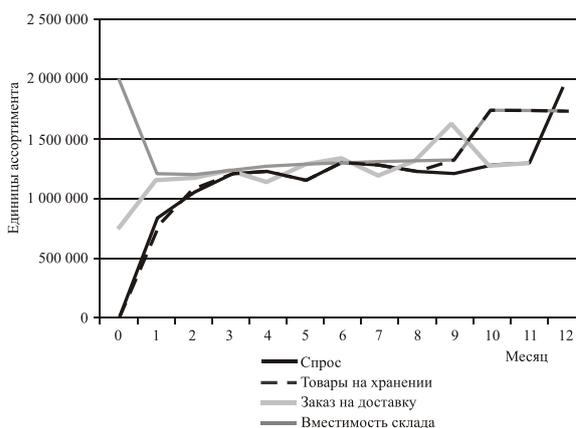


Рис. 5. Результаты применения итоговой модели

потребность сильно возрастает, а стоимость транспортировки достигает своего максимального значения. Расчетное значение целевой функции суммарных логистических затрат для данной модели составило 34,0 млн р., увеличившись на 0,7 млн р. за счет включения в модель нового параметра – стоимости аренды и обслуживания склада.

В табл. 3 представлены значения управлений для каждого месяца – $u_1(t)$ – размер заказа на поставку, $u_2(t)$ – величина изменения вместимости склада.

Представленная модификация модели дает наибольшее значение целевой функции по сравнению с двумя предыдущими 34,0 млн р. Однако, следует выбрать график поставок и изменения вместимости склада, полученные по третьей модели, так как результат учитывает наибольшее количество факторов, влияющих на общую сумму затрат на распределение продукции из центрального офиса в распределительный центр.

Веденного анализа является то, что наличие дефицита невыгодно для каждого периода, за исключением декабря, что свидетельствует о высокой инвестиционной привлекательности данного вида экономической деятельности. Модель позволила компании заранее планировать поставки и принимать решения по изменению вместимости склада. Оказалось экономически обоснованно уменьшать складские площади на летнее время и расширять склад на зимний период с формированием запаса с целью сокращения поставок в зимний период с более высокой стоимостью перевозки.

В качестве перспективы развития данного направления оптимизации логистических процессов поставки товаров возможно рассмотрение таких вопросов, как формирование страхового запаса товаров на складе с целью учета возможных отклонений реального спроса на продукцию от прогнозных (плановых) значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая модель была применена для оптимизации бизнес-процессов компании «Лудинг», что позволило составить оптимальные планы поставки товара в филиал с учетом динамики показателей, влияющих на суммарный уровень затрат, возможности расширения склада, а также потерь от несовпадения спроса и предложения. Модель допускает наличие дефицита товаров в каждый месяц, который не превышает 10% прогноза спроса на продукцию на текущий месяц. Важным итогом про-

Литература

- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. Т. 1. М.: ЮНИТИ, 2001.
- Архипов К.В. Моделирование деятельности компании с использованием эконометрических методов // Математико-статистический анализ социально-экономических процессов: Межвузовский сборник научных трудов. М.: МЭСИ, 2009.
- Басова А.В. Математические модели и генетические методы решения нелинейных задач

Таблица 3

Расчетные значения управлений: вместимость склада и поставки

Месяц	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$u_2(t)$	-793			72			32			428		
$u_1(t)$	744	1160	1180	1237	1134	1279	1342	1186	1315	1635	1272	1294

транспортного типа: Дис. канд. техн. наук. Ростов-н/Д., 2004.

Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок: Пер. с англ. / Под общ. ред. В.С. Лукинского. СПб.: Питер, 2005.

Лагоша Б.А., Дегтярева Т.Д. Методы и задачи теории оптимального управления: Учеб. пособие. М.: МЭСИ, 2000.

Arkhipova M.U., Arkhipov K.V. Optimal Regional System Design for a Trade Company in Russia // Marketing and Logistics Problems in the Management of Organization. Bielsko-Biala University press, Poland, 2011a.

Arkhipova M.U., Arkhipov R.V. Defining Optimal Logistic System for a Trade Company in Russia. Platforms and Innovations: In Search of Efficiency and Effectiveness. EuroMot 2011. Center for Innovation and Technology Research (CITER). Tampere University of Technology, 2011b. P. 286–301.

Рукопись поступила в редакцию 31.10.2011 г.

АГЕНТСКИЕ ОТНОШЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ПОСТРОЕНИЕ КОРПОРАЦИЙ. ЧАСТЬ 1

Д.А. Жданов

Совершенствование структуры современных отечественных компаний связано с налаживанием продуктивных агентских отношений, учетом практики взаимодействия владельцев бизнеса и нанимаемых ими высших руководителей. В представленной статье приведены результаты опросов руководителей компаний, обучающихся в Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, посвященные изучению характера таких взаимосвязей в российских фирмах. На основе исследования предлагается модельное описание выявленных зависимостей, даются рекомендации по подбору менеджеров и рационализации организационного построения корпораций холдингового типа.

Ключевые слова: корпоративные отношения, агентские отношения, отбор и наем топ-менеджеров, квалификация, лояльность и полезность руководителей, моделирование, структура корпорации.

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на значительные достижения в области формирования институтов корпоративного управления, мировой финансово-экономический кризис выявил ряд недостатков данной сферы. В частности, в докладе ОЭСР «Финансовый кризис и корпоративное управление: ключевые выводы и основные направления работы» (ОЭСР, 2009) отмечалось углубление агентской проблемы, наличие неэффективных компенсационных механизмов,

© Жданов Д.А., 2012 г.