

ИНВАРИАНТНЫЕ К УБЫВАНИЮ ТАРИФОВ ПОРЯДКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ



ГЕННАДИЙ БРОДЕЦКИЙ
НИУ-ВШЭ
профессор,
д.т.н.



ЕКАТЕРИНА ТОКАРЕВА
НИУ-ВШЭ
доцент,
к.э.н.

ВВЕДЕНИЕ

Использование скрытого резерва снижения издержек обслуживания в современных цепях поставок (за счет правильного выбора заказов на обслуживание) приводит к специальным моделям оптимизации, которые отличаются от традиционных для теории сетей обслуживания. Указанное отличие существенно усложняет процедуры определения оптимальной стратегии. В первой части этой статьи, тем не менее, было показано, что в определенных си-

туациях вместо модифицированных и сложных новых алгоритмов для принятия решений можно использовать традиционные простые правила оптимизации.

В этой части статьи представлены материалы, иллюстрирующие соответствующие возможности для цепей поставок производственных предприятий мясной гастрономии.

СПЕЦИФИКА РАССМАТРИВАЕМЫХ МОДЕЛЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАКАЗОВ

Рассматривается задача определения оптимальной последовательности комплектации и отгрузки заказов клиентов на участке цепи поставок от склада готовой продукции производственного предприятия до склада дистрибьютора. Исходные данные анализируемой модели, представляющие перечень заказов региональных дистрибьюторов, которые должны быть скомплектованы и отгружены со склада готовой продукции в течение одной рабочей смены, приведены в таблицах 1—7. В рассматриваемой ситуации моделируются процессы с начала рабочей смены, в течение которой должна быть осуществлены комплектация и отгрузка заказов в адрес дистрибьюторов, но сами операции еще не производятся (например, по причине того, что еще не отгружены заказы предыдущей смены). Длительность доставки региональным дистрибьюторам колеблется от 1 до 5 суток (в зависимости от их месторасположения), а время работы складов дистрибьюторов строго ограничено, поэтому в случае любой задержки с отгрузкой заказов можно считать, что наступают сроки штрафных санкций, обусловленные нарушением условий доставки готовой продукции. Именно эта особенность модели будет учитываться ниже.

Рассмотрим более подробно ситуацию на участке цепи поставок «склад готовой продукции производственного предприятия-склад дистрибьютора», а также параметры анализируемой модели.

В рамках анализируемой задачи рассматривается участок из четырех звеньев цепи поставок предприятий агропромышленного комплекса:

- производственное предприятие мясоперерабатывающей отрасли — мясоперерабатывающий завод, который производит продукты мясной гастрономии;
- склад готовой продукции, расположенный на территории мясоперерабатывающего завода, предназначенный для приемки из производственных цехов, хранения и отгрузки готовой продукции дистрибьюторам; также в данном звене цепи поставок продукцию маркируют, а скомплектованные заказы упаковывают;
- транспортный цех компании, в состав которого входят транспортные средства различной грузоподъемности, оборудованные холодильными установками (рефрижераторы); в анализируемой модели доставка продукции региональным дистрибьюторам компании осуществляется собственными транспортными средствами компании;

Таблица 1
Заказы региональных дистрибьюторов, комплектующие в понедельник

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа Р _i , тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа M [S _i]		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Архангельск	Дистрибьютор	1	6,8	3842	4,0	1,7	0,21	0,54
1	2	Владимир	Дистрибьютор	1	1,2	594	3,8	0,3	0,04	0,36
1	3	Обнинск	Дистрибьютор	1	2,8	1582	3,8	0,7	0,09	0,39
1	4	Орел	Дистрибьютор	1	3,2	1536	3,8	0,8	0,11	0,36
1	5	Нижний Новгород	Дистрибьютор	3	7,1	3692	3,5	2,0	0,25	0,42
1	6	Челябинск	Дистрибьютор	1	9,5	5795	4,0	2,4	0,30	0,42
2	7 (1)*	Самара	Собственный дистрибьютор	2	16,3	7498	4,0	4,1	0,51	0,30
2	8 (2)	Санкт-Петербург	Собственный дистрибьютор	1	15,5	7595	4,0	3,9	0,48	0,39
3	9 (1)	Иваново	ТС	2	4,8	2232	4,0	1,2	0,15	0,51
3	10 (2)	Казань, Самара	ФТС	3	3,4	1972	2,8	1,2	0,15	0,60
3	11 (3)	Кострома	ТС	8	4,5	2430	3,5	1,3	0,16	0,48
3	12 (4)	Орел	ТС	1	3,5	1641,5	4,0	0,9	0,11	0,51
3	13 (5)	Рязань	ФТС	3	2,9	1696,5	2,5	1,2	0,15	0,48
3	14 (6)	Тверь	ТС	1	3,8	1748	4,0	1,0	0,12	0,48
3	15 (7)	Нижний Новгород	ФТС	2	3,4	1734	2,5	1,4	0,17	0,51

* Здесь и в последующих таблицах: в скобках указан номер заказа для каждой отдельной бригады.

* Часть 1 опубликована в журнале «Логистика» №10 за 2012 год, стр. 30.

ШТРАФОВ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК (ЧАСТЬ 2*)

- предприятия коммерческого посредничества в сфере реализации продукции мясоперерабатывающей отрасли: оптово-розничные предприятия торговли, логистические центры, реализующие продукты мясной гастрономии другим торговым посредникам в сети распределения или конечным потребителям (населению).

Производственное предприятие поставляет готовую продукцию региональным дистрибьюторам различного формата. Готовая продукция мясоперерабатывающего предприятия реализуется посредством следующих категорий торговых посредников:

- торговые сети (далее — ТС) (федеральные торговые сети, далее — ФТС, например, METRO, Ашан);
- оптовые дистрибьюторы (далее — дистрибьютор);
- региональные торговые дома компании-производителя (далее — собственный дистрибьютор), которые реализуют продукцию оптовым и розничным продавцам.

Для каждой категории дистрибьюторов в контрактах определен ряд финансовых условий, один из них — размер штрафа в случае нарушения производственным предприятием условий поставки.

Следует отметить, что производственные цеха, а также склад готовой продукции мясоперерабатывающего предприятия работают круглосуточно.

Комплектация и отгрузка заказов региональных дистрибьюторов со склада готовой продукции компании осуществляется еже-

**Заказы региональных дистрибьюторов,
комплектуемые во вторник**

Таблица 2

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа P_i , тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_i]$		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Липецк	ТС	1	0,8	372	3,5	0,2	0,03	0,51
1	2	Рязань	ТС	1	1,4	784	3,5	0,4	0,05	0,48
1	3	Ярославль	ФТС	2	1,8	1044	2,7	0,7	0,08	0,51
1	4	Нижний Новгород	Дистрибьютор	3	19,8	10 296	3,6	5,5	0,69	0,42
1	5	Тула, Липецк, Воронеж	ФТС	2	2,9	1682	2,7	1,1	0,13	0,60
2	6 (1)	Челябинск	Дистрибьютор	1	15,5	8215	3,8	4,1	0,51	0,42
2	7 (2)	Тамбов	Собств. дистрибьютор	1	15,0	7725	4,0	3,8	0,47	0,41
3	8 (1)	Владимир	Дистрибьютор	1	1,0	495	3,8	0,3	0,03	0,36
3	9 (2)	Рязань	Дистрибьютор	1	2,4	1 392	3,8	0,6	0,08	0,39
3	10 (3)	Рязань	Дистрибьютор	1	4,7	2 773	3,5	1,3	0,17	0,39
3	11 (4)	Санкт-Петербург	Собств. дистрибьютор	1	14,2	6 958	3,9	3,6	0,46	0,39
3	12 (5)	Тверь	Собств. дистрибьютор	1	6,4	3 008	3,9	1,6	0,21	0,30

дневно в дневную смену с 9 до 18 часов. Как было отмечено выше, в таблицах 1—7 приведен портфель заказов региональных дистрибьюторов компании на каждый день недели (следует отметить, что портфель заказов региональных дистрибьюторов практически полностью повторяется в соответствии с данным временным интервалом).

В заказах каждой категории региональных дистрибьюторов присутствуют особенности, что обусловлено в первую очередь форматом торговых посредников. Эти особенности в заказах дистрибьюторов отражаются на времени комплектации заказов и производительности комплектовщиков. Различия в заказах дистрибьюторов обусловлены следующими их параметрами:

1) количеством ассортиментных позиций в заказах. Следует отметить, что в заказах ФТС присутствует наибольшее количество ассортиментных позиций. При этом размер заказа ФТС по каждой из ассортиментных позиций чаще всего довольно мал (по сравнению с заказами дистрибьюторов других форматов), что увеличивает трудоемкость комплектации заказов этого дистрибьютора данного формата;

2) готовая продукция для заказов ФТС и ряда ТС подлежит специальной маркировке. Данное обстоятельство влияет на производительность бригады при комплектации заказов дистрибьюторов данного формата, поскольку комплектовщики должны осуществлять набор продукции в соответствии с торговой сетью, для которой она предназначена;

3) количеством пунктов в рамках одного заказа дистрибьютора. Доставка заказа может осуществляться не на один склад, распределительный центр или торговую точку дистрибьютора, а на несколько пунктов выгрузки. Это означает, что для каждого пункта должен быть скомплектован отдельный заказ.

4) цена реализации продукции дистрибьютору (данный признак заказа напрямую не влияет на показатели операции комплектации, но косвенно может отражаться на порядке комплектации заказов, поскольку нередко для определения порядка обслуживания заказов в качестве наилучшей принимается так называемая «близоручка» стратегия, согласно которой порядок выполнения заказов определяется только на основании стоимости заказа торгового посредника).

Как уже было отмечено, доставка продукции от производителя дистрибьютору осуществляется транспортными средствами ком-

Таблица 3

Заказы региональных дистрибьюторов, комплектуемые в среду

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа P_i , тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_i]$		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Краснодар, Ростов-на-Дону, Ставрополь	ФТС	1	8,2	4182	2,8	2,9	0,37	0,60
1	2	Санкт-Петербург	ФТС	3	4,2	2436	2,8	1,5	0,19	0,51
1	3	Ярославль	Дистрибьютор	2	5,6	2912	2,7	2,1	0,26	0,39
1	4	Ярославль	ТС	1	2,6	1404	3,2	0,8	0,10	0,48
2	5 (1)	Нижний Новгород	Дистрибьютор	1	13,9	0,0042	3,8	3,7	0,46	0,42
2	6 (2)	Санкт-Петербург	Собственный дистрибьютор	1	15,5	0,0039	4,0	3,9	0,48	0,39

пании-производителя продукции мясной гастрономии. В рамках одного пункта назначения (город) у регионального дистрибьютора может быть несколько пунктов доставки (это отражено в графах «количество заказов» таблиц 1—7), для каждого из них комплектуется отдельный заказ, что повышает трудоемкость комплектации заказа.

Во все дни (за исключением среды) количество и совокупный объем заказов региональных дистрибьюторов таковы, что в дневную смену на складе готовой продукции работает три бригады комплектовщиков, а в среду — две.

Задание на сборку заказов на рабочую смену формируется по признаку формата дистрибьютора с учетом объема заказов, а также длительности рабочей смены, т.е. чтобы общее время, затрачиваемое бригадами на комплектацию сменного задания, не превышало длительности рабочей смены. Следует отметить, что существует специализация бригад на комплектацию заказов для определенного формата дистрибьюторов. Производительность бригады по комплектации заказов (соответствующая графа табл. 1—7) зависит от различных факторов, которые уже были отмечены выше: количество ассортиментных позиций в заказе, тип заказа, количество пунктов доставки в рамках одного заказа и т.д. Бригады комплектуют заказы параллельно, однако в рамках каждой бригады комплектация заказов осуществляется последовательно, т.е. только после завершения комплектации одного заказа бригада начинает работать со следующим.

В рамках данной статьи при планировании работы бригад по комплектации и отгрузке заказов готовой продукции со склада анализируется и оптимизируется последовательность комплектации и отгрузки заказов для региональных дистрибьюторов компании — производителя продукции мясной гастрономии. При этом дополнительно принято следующее: на основании статистических данных менеджеру известно, что законы распределения длительностей (S_i) обслуживания заказов носят экспоненциальный характер. Требу-

ется определить порядок выполнения заказов, который обеспечит минимальный ожидаемый размер суммарных штрафных санкций по этим заказам.

Параметр модели, который характеризует время выполнения (комплектации и отгрузки) i -го заказа дистрибьютора (S_i) представляет случайную величину, поскольку длительность комплектации заказа носит вероятностный характер и зависит от многих факторов. Кроме того, портфель заказов относительно постоянен и повторяется с периодом, равным одной неделе. На основании имеющейся у компании — производителя продукции мясной гастрономии статистической информации для каждого заказа была определена средняя производительность бригады комплектации заказа (с учетом формата торгового посредника). Данный показатель иллюстрирует, сколько тонн продукции в час комплектует бригада.

Параметр модели $M[S_i]$ — длительность комплектации и отгрузки заказа — определяется на основании производительности бригады как отношение величины заказа к производительности бригады комплектации. Поскольку длительность комплектации отдельного заказа представляет собой некоторую часть рабочей, то в рамках решения данной задачи параметр модели $M[S_i]$ будем определять как отношение длительности комплектации конкретного заказа к длительности дневной рабочей смены (длительность дневной рабочей смены составляет 8 ч). Таким образом, данный показатель будет представлять собой некую долю рабочей смены. В таблицах 1—7 значение параметра $M[S_i]$ приведено как в часах, так и в долях смены. Поскольку анализируется ситуация, когда наступают штрафные санкции в адрес производственного предприятия от дистрибьютора, обусловленные нарушением сроков доставки готовой продукции, это обстоятельство учитывается в модели при помощи параметра c_i — интенсивности штрафов. Данный параметр определяется как процент от стоимости заказа, причем величина процента от контрактной стоимости заказа индивидуальна для каждого дистрибьютора.

Таблица 4
Заказы региональных дистрибьюторов, комплектуемые в четверг

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа P_n тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_i]$		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Архангельск	Дистрибьютор	1	8,9	5028,5	4,0	2,2	0,28	0,54
1	2	Нижний Новгород	Дистрибьютор	1	2,4	1248	3,8	0,6	0,08	0,42
1	3	Обнинск	Дистрибьютор	1	6,3	3559,5	3,8	1,7	0,21	0,39
1	4	Орел	Дистрибьютор	1	11,8	5841	3,8	3,1	0,39	0,36
2	5 (1)	Рязань	Дистрибьютор	2	4,1	2132	3,8	1,1	0,13	0,35
2	6 (2)	Санкт-Петербург	Собственный дистрибьютор	1	16,4	8036	4,0	4,1	0,51	0,39
2	7 (3)	Сыктывкар	Дистрибьютор	1	8,7	4698	3,8	2,3	0,29	0,41
3	8 (1)	Иваново	ТС	2	4,4	2046	3,6	1,2	0,15	0,48
3	9 (2)	Казань, Самара	ФТС	2	2,9	1682	2,8	1,0	0,13	0,61
3	10 (3)	Нижний Новгород	ТС	2	2,8	1512	3,2	0,9	0,11	0,54
3	11 (4)	Орел	ТС	1	4,2	1953	4,0	1,1	0,13	0,51
3	12 (5)	Саратов, Энгельс	ФТС	2	7,6	4446	2,8	2,7	0,34	0,48
3	13 (6)	Тверь	ТС	1	3,2	1488	3,6	0,9	0,11	0,49

Таблица 5
Заказы региональных дистрибьюторов, комплектуемые в пятницу

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа P_n тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_i]$		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Владимир	Дистрибьютор	1	6,3	3118,5	4,0	1,6	0,20	0,36
1	2	Москва	Дистрибьютор	1	2,7	1390,5	3,8	0,7	0,09	0,48
1	3	Нижний Новгород	Дистрибьютор	1	7,6	3952	3,8	2,0	0,25	0,42
1	4	Обнинск	Дистрибьютор	2	4,2	2016	3,8	1,1	0,14	0,36
1	5	Рязань	Дистрибьютор	1	1,1	511,5	3,8	0,3	0,04	0,32
1	6	Тула	Дистрибьютор	1	5,2	2652	3,8	1,4	0,17	0,42
1	7	Челябинск	Собственный дистрибьютор	1	3,7	1961	3,8	1,0	0,12	0,42
2	8 (1)	Пенза	Собственный дистрибьютор	2	6,5	3185	3,8	1,7	0,21	0,39
2	9 (2)	Санкт-Петербург	Собственный дистрибьютор	1	15,6	7644	4,0	3,9	0,49	0,39
2	10 (3)	Тверь	ФТС	1	8,4	4032	3,8	2,2	0,28	0,30
3	11 (1)	Казань	ТС	4	5,4	3051	2,6	2,1	0,26	0,52
3	12 (2)	Кропоткин	ФТС	1	6,7	3115,5	3,0	2,2	0,28	0,51
3	13 (3)	Нижний Новгород	ТС	2	1,4	756	2,8	0,5	0,06	0,51
3	14 (4)	Рязань	ФТС	3	3,2	1568	3,2	1,0	0,13	0,51
3	15 (5)	Самара	ФТС	1	2,1	1228,5	2,8	0,8	0,09	0,54
3	16 (6)	Санкт-Петербург	ТС	2	2,5	1275	3,0	0,8	0,10	0,51

Таблица 6
Заказы региональных дистрибьюторов, комплектуемые в субботу

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа P_r тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_i]$		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Владимир	Дистрибьютор	1	5,8	2871	3,8	1,5	0,19	0,36
1	2	Иваново	ТС	1	2,5	1262,5	3,8	0,7	0,08	0,48
1	3	Орел	ТС	1	2,3	1173	3,8	0,6	0,08	0,42
1	4	Рязань	ТС	2	0,9	504,0	3,8	0,2	0,03	0,39
1	5	Тверь	ТС	1	1,7	790,5	3,8	0,4	0,06	0,43
1	6	Тула, Липецк, Воронеж	ФТС, ТС	4	1,7	892,5	2,8	0,6	0,08	0,45
1	7	Челябинск	Дистрибьютор	1	6,4	3392	3,9	1,6	0,21	0,35
1	8	Ярославль	ТС	1	0,6	324	3,8	0,2	0,02	0,40
1	9	Ярославль	Дистрибьютор	1	8,3	4814,0	4,0	2,1	0,26	0,41
2	10 (1)	Липецк	Дистрибьютор	2	2,0	980	3,7	0,5	0,07	0,39
2	11 (2)	Нижний Новгород	Дистрибьютор	3	12,6	6552	4,0	3,2	0,39	0,37
2	12 (3)	Санкт-Петербург	Собственный дистрибьютор	1	16,4	8036	3,8	4,3	0,54	0,32
3	13 (1)	Обнинск	Дистрибьютор	2	5,9	3333,5	3,7	1,6	0,20	0,33
3	14 (2)	Орел	Дистрибьютор	2	9,1	4368	3,8	2,4	0,30	0,35
3	15 (3)	Тверь	Собственный дистрибьютор	2	15,9	7473	4,0	4,0	0,50	0,36

ВЫБОР ПОРЯДКА ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗАКАЗОВ В СООТВЕТСТВИИ С ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИЕЙ

Для нахождения оптимальной стратегии формирования заказов (для каждого дня недели) воспользуемся теоретическими результатами, полученными выше. Напомним, что в предыдущей части статьи было показано, что оптимальный порядок обслуживания заказов дистрибьюторов при экспоненциальных законах распределения вероятностей для длительностей обслуживания определяется традиционным $c\mu$ -правилом. Следовательно, заказы, комплектуемые каждой бригадой в течение рабочей смены, следует упорядочить по убыванию простого индекса $l(i) = c_i/M(S_i)$. Кроме того, подчеркнем, что при расчетах таких индексов единицу измерения времени можно выбирать произвольно (чем мы и воспользуемся).

Для заказов, комплектуемых первой бригадой, имеем следующие расчетные параметры (значение параметра μ определено при измерении длительности комплектации заказа $M[S_i]$ в часах):

- $c_1 = 20,7$ тыс. руб., $\mu_1 = 0,59$, соответственно находим индекс $l_1 = c_1 \mu_1 = 12,2$;
- $c_2 = 2,1$ тыс. руб., $\mu_2 = 3,17$, соответственно находим индекс $l_2 = c_2 \mu_2 = 6,8$;
- $c_3 = 6,2$ тыс. руб., $\mu_3 = 1,36$, соответственно находим индекс $l_3 = c_3 \mu_3 = 8,4$;
- $c_4 = 5,5$ тыс. руб., $\mu_4 = 1,19$, соответственно находим индекс $l_4 = c_4 \mu_4 = 6,6$;
- $c_5 = 15,5$ тыс. руб., $\mu_5 = 0,49$, соответственно находим индекс $l_5 = c_5 \mu_5 = 7,6$;
- $c_6 = 24,3$ тыс. руб., $\mu_6 = 0,42$, соответственно находим индекс $l_6 = c_6 \mu_6 = 10,2$.

При измерении длительности сборки заказа $M[S_i]$ в долях смены имеем следующие значения параметра l_i :

Таблица 7
Заказы региональных дистрибьюторов, комплектуемые в воскресенье

№ бригады	№ заказа	Пункт назначения (город)	Тип клиента	Количество заказов (в рамках одного пункта доставки)	Размер заказа, т	Стоимость заказа P_r тыс. руб.	Производительность бригады, т/ч	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_i]$		Штраф (% от суммы заказа) согласно договорным условиям
								ч	доля смены	
1	1	Москва	Дистрибьютор	1	6,1	3294	3,8	1,6	0,20	0,36
1	2	Нижний Новгород	Дистрибьютор	2	6,0	3120	3,8	1,6	0,20	0,41
1	3	Обнинск	Дистрибьютор	1	2,2	1243	3,8	0,6	0,07	0,42
1	4	Пенза	Дистрибьютор	1	6,1	2989	3,8	1,6	0,20	0,39
1	5	Рязань	Дистрибьютор	1	3,0	1560	3,8	0,8	0,10	0,40
1	6	Уфа, Пермь	Собственный дистрибьютор	2	6,2	2914	3,8	1,6	0,20	0,38
2	7 (1)	Санкт-Петербург	Собственный дистрибьютор	1	11,5	5635	3,7	3,1	0,39	0,39
2	8 (2)	Саратов, Энгельс	Собственный дистрибьютор	2	10,5	5355	4,0	2,6	0,33	0,37
2	9 (3)	Челябинск	Дистрибьютор	1	7,8	4212	3,8	2,1	0,26	0,42
3	10 (1)	Казань, Самара	ФТС	2	5,0	2825	2,9	1,7	0,22	0,43
3	11 (2)	Калуга	ТС	6	2,1	1029	3,4	0,6	0,08	0,45
3	12 (3)	Краснодар, Ростов-на-Дону, Ставрополь	ФТС	3	8,1	4131	3,0	2,7	0,34	0,39
3	13 (4)	Санкт-Петербург	ФТС	2	4,6	2691	3,0	1,5	0,19	0,48
3	14(5)	Ярославль	ТС	10	4,8	2 592	3,5	1,4	0,17	0,50

- $c_1 = 20,7$ тыс. руб., $\mu_1 = 4,71$, соответственно находим индекс $l'_1 = c_1 \mu_1 = 97,6$;
- $c_2 = 2,1$ тыс. руб., $\mu_2 = 25,33$, соответственно находим индекс $l'_2 = c_2 \mu_2 = 54,2$;
- $c_3 = 6,2$ тыс. руб., $\mu_3 = 10,86$, соответственно находим индекс $l'_3 = c_3 \mu_3 = 67,0$;
- $c_4 = 5,5$ тыс. руб., $\mu_4 = 9,50$, соответственно находим индекс $l'_4 = c_4 \mu_4 = 52,5$;
- $c_5 = 15,5$ тыс. руб., $\mu_5 = 3,94$, соответственно находим индекс $l'_5 = c_5 \mu_5 = 61,2$;
- $c_6 = 24,3$ тыс. руб., $\mu_6 = 3,37$, соответственно находим индекс $l'_6 = c_6 \mu_6 = 82,0$.

Упорядочив заказы по убыванию индекса $l(i)$ или $l'(i)$, получаем следующую последовательность выполнения заказов, комплектуемых первой бригадой в понедельник: (1, 6, 3, 5, 2, 4). В таблице 8 приведен порядок комплектации заказов первой бригадой в понедельник согласно $c\mu$ -правилу.

Таблица 8
Параметры заказов региональных дистрибьюторов, комплектуемых в понедельник первой бригадой. Последовательности комплектации заказов

Порядок сборки заказа	Стоимость заказа P_r , тыс. руб.	Индекс $l(i)$	Номер заказа, комплектуемый согласно индексу $l(i)$	Индекс $l'(i)$	Номер заказа, комплектуемый согласно $l'(i)$, ч
1	5795	12,20	1	97,63	1
2	3842	10,25	6	81,98	6
3	3692	8,37	3	66,99	3
4	1582	7,64	5	61,15	5
5	1536	6,77	2	54,17	2
6	594	6,57	4	52,53	4

Таблица 9

Параметры заказов региональных дистрибьюторов, комплектующих в понедельник второй и третьей бригадой. Последовательности комплектации заказов

Порядок сборки заказа	Стоимость заказа P_p , тыс. руб.	Индекс $I(i)$	Номер заказа, комплектующий согласно индексу $I(i)$	Индекс $I(i)$	Номер заказа, комплектующий согласно $I(i)$, ч
1	7595	7,64	8 (2)	61,15	8 (2)
2	7498	5,52	7 (1)	44,16	7 (1)
1	2430	9,74	10 (2)	77,95	11 (3)
2	2232	9,59	12 (4)	76,70	12 (4)
3	1972	9,49	9 (1)	75,89	9 (1)
4	1748	9,07	11 (3)	72,58	11 (3)
5	1734	8,83	14 (6)	70,66	14 (6)
6	1696,5	7,02	13 (5)	56,16	13 (5)
7	1645	6,50	15 (7)	52,02	15 (7)

В соответствии с таблицами 8 и 9 оптимальный порядок обслуживания портфеля заказов компании с целью минимизации суммарных штрафов (с учетом убывания их тарифов) в понедельник оказывается следующим:

- для первой бригады: 1—6—3—5—2—4; это означает, что первым должен быть скомплектован заказ для дистрибьютора в Архангельске, а вторым — для дистрибьютора в Челябинске, далее последовательно следует скомплектовать заказы для торговых посредников в Обнинске, Нижнем Новгороде, Владимире, Орле (см. табл. 8),
- для второй бригады: 8—7, т.е. первым следует комплектовать заказ для Санкт-Петербурга, а вторым — заказ для Самары (см. табл. 9),
- для третьей бригады: 10—12—9—11—14—13—15, т.е. это означает, что первым должен быть скомплектован заказ для дистрибьюторов в Казани и Самаре, а вторым — для дистрибьютора в Орле, далее последовательно следует скомплектовать заказы для торговых посредников в Иванове, Костроме, Твери, Рязани, Нижнем Новгороде (см. табл. 9).

Таблица 10

Параметры заказов региональных дистрибьюторов, комплектующих в понедельник. Последовательности комплектации заказов

№ бригады	№ заказа	Стоимость заказа P_p , тыс. руб.	Длительность комплектации и сборки заказа $M[S_j]$		Штраф (% от суммы заказа)	Интенсивность штрафа S_j , тыс. руб.	Индекс $I(i)$	Индекс $I(i)$	Последовательность комплектации по с. μ_i -правилу
			ч	доля смены					
1	1	3842	1,7	0,21	0,54	20,7	12,2	97,6	1
1	2	594	0,3	0,04	0,36	2,1	6,8	54,2	6
1	3	1582	0,7	0,09	0,39	6,2	8,4	67,0	3
1	4	1536	0,8	0,11	0,36	5,5	6,6	52,5	5
1	5	3692	2,0	0,25	0,42	15,5	7,6	61,2	2
1	6	5795	2,4	0,30	0,42	24,3	10,2	82,0	4
2	7 (1)	7498	4,1	0,51	0,30	22,5	5,5	44,2	2
2	8 (2)	7595	3,9	0,48	0,39	29,6	7,6	61,2	1
3	9 (1)	2232	1,2	0,15	0,51	11,4	9,5	75,9	2
3	10 (2)	1972	1,2	0,15	0,60	11,8	9,7	78,0	4
3	11 (3)	2430	1,3	0,16	0,48	11,7	9,1	72,6	1
3	12 (4)	1641,5	0,9	0,11	0,51	8,4	9,6	76,7	3
3	13 (5)	1696,5	1,2	0,15	0,48	8,1	7,0	56,2	6
3	14 (6)	1748	1,0	0,12	0,48	8,4	8,8	70,7	5
3	15 (7)	1734	1,4	0,17	0,51	8,8	6,5	52,0	7

Таблица 11

Оптимальная стратегия для первой бригады комплектовщиков

Порядок комплектации заказов	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
	сц-правило	сц-правило	сц-правило	сц-правило	сц-правило	сц-правило
1	2	1	1	2	9	3
2	5	4	3	7	2	2
3	1	2	2	3	5	5
4	3	3	4	6	4	1
5	4	—	—	1	8	4
6	—	—	—	4	3	6
7	—	—	—	5	7	—
8	—	—	—	—	1	—
9	—	—	—	—	6	—

Таблица 12

Оптимальная стратегия для второй бригады комплектовщиков

Порядок комплектации заказов	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
	сц-правило	сц-правило	сц-правило	сц-правило	сц-правило	сц-правило
1	1	1	3	2	2	3
2	2	2	2	1	1	2
3	—	—	1	3	3	1

Таблица 13

Оптимальная стратегия для третьей бригады комплектовщиков

Порядок комплектации заказов	Вторник	Среда	Четверг	Пятница		Суббота		Воскресенье	
	сц-правило	сц-правило	сц-правило	«близорукая» стратегия	сц-правило	«близорукая» стратегия	сц-правило	«близорукая» стратегия	сц-правило
1	2	—	2	2	5	3	1	3	5
2	3	—	4	1	4	2	3	1	4
3	4	—	3	4	6	1	2	4	2
4	1	—	6	6	3	—	—	5	1
5	5	—	1	5	1	—	—	2	3
5	—	—	5	3	2	—	—	—	—

На основании данных по показателям $M[S_j]$ — длительность комплектации заказа, μ_i — интенсивность, а также по величинам штрафов (с учетом убывания их тарифов) были определены последовательности комплектации заказов для всех бригад согласно оптимальному сц-правилу.

Параметры заказов торговых посредников для понедельника, а также порядок комплектации заказов каждой бригадой приведены в таблице 10.

Оптимальные стратегии для каждой бригады комплектовщиков представлены в таблицах 11—13.

В заключение отметим, что особенности представленных здесь вычислений, позволивших найти оптимальный порядок выполнения требуемого множества заказов, могут привлечь менеджеров из-за следующей их специфики.

Данные вычисления не потребуют дополнительных расчетов, обусловливаемых необходимостью представления временных показателей оптимизационной модели (с непрерывно изменяющимися тарифами штрафов в формате схемы непрерывных процентов) в годовом измерении; дополнительных усилий на реализацию процедур усреднения таких показателей тарифов

(в соответствии с атрибутами учета издержек при убывании их тарифов); дополнительных усилий на поиск указанных выше вспомогательных модифицированных показателей $c(mod)$ и $\mu(mod)$ для каждого заказа портфеля.

Библиографический список
см. в журнале № 10, стр. 32