

УДК 336.01

**ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ
КОНКУРСА «КУБОК УПРАВЛЯЙ»**

© **Сольский Б. В., Сольский М. Б., Якушкина А. А., 2021**

Иркутский государственный университет, г.Иркутск

Предлагается модель оптимизации производства продукции для условий Кубка «Управляй». Разработан способ расчёта заработной платы работников заготовительного участка с учетом фиксированной оплаты при недогрузке исполнителей. Модель разработана для использования в Excel. Проведены тестовые испытания. Решение находится менее, чем за 1000 итераций. Установлено, что перед применением метода нахождения решения искомые переменные должны быть обнулены.

Ключевые слова: кубок «Управляй», оптимальный план, переменная, ограничения, баланс полуфабрикатов, расходы, поиск решения

Популярный среди студентов старших курсов бакалавриата и магистрантов всероссийский конкурс «Кубок Управляй» [<https://managerscup.ru/>] преследует несколько целей, среди которых две основных:

- мотивация участников к повышению компетенций в сфере организационно-управленческой и информационно-аналитической деятельности;

- поддержка молодежи с управленческим потенциалом в адаптации на рынке труда.

Конкурс проходит в виде соревнования нескольких команд друг с другом. Каждая команда получает в управление виртуальную производственную компанию с одинаковыми стартовыми ресурсами. Компании производят одинаковые продукты 3-х наименований и реализуют их на трех общих конкурентных рынках.

Задача каждой команды — разработать стратегию экономического развития своей компании и реализовать ее на протяжении нескольких игровых периодов (кварталов). Критерий успеха — большая инвестиционная привлекательность компании в сравнении с другими участниками. Это сборный критерий, который включает в себя, прежде всего, оценку прибыльности производства и оценку степени охвата рынков сбыта.

Задача команды в каждом игровом периоде — принять решение — «сколько какого вида продукции произвести, куда и как продать произведенную продукцию».

Во время игры в строго отведенные сроки команды формируют свои квартальные решения и отдают их организатору. Получив командные решения, организатор имитирует конкурентную борьбу на рынке и возвращает командам итоги в виде набора экономических показателей. По этим показателям команды принимают решение на следующий квартал.

Организатор предполагает коллективное принятие управленческих решений внутри каждой команды и оценивает вклад каждого участника в командный результат.

Несмотря на очевидные упрощения постановки задачи, решение на каждый период достаточно трудоемко и требует большого числа расчетов. По мнению организатора, нужно рассчитать не менее 75 показателей, чтобы принять хорошее решение.

Без экономико-математической модели или набора моделей здесь не обойтись. Организатор предлагает в качестве образца свою модель, которую конкурсанты могут использовать для решений. Но эта модель дескрипторная.

Конкурсанты вправе применять другие модели. Мы разработали свою модель управления компанией, которую применили при участии в осеннем конкурсе 2020 года.

Модель состоит из 3 блоков: блок маркетинга, блок логистики, блок производства. Блоки развязаны друг от друга, но используют общие данные и обмениваются результатами. Аналогично строится и работа внутри команды. Три участника отвечают каждый за «свой» блок, но есть еще общекомандные — экономист и координатор.

В данной статье мы опишем нашу модель блока производства, которую построили на основе модели линейной оптимизации производственного плана. Общая форма модели следующая:

Искомые переменные: x_1, x_2, \dots, x_{24} .

Критерий Прибыль $(x_1, x_2, \dots, x_{24}) \Rightarrow \text{Max}$.

Линейные ограничения на ресурсы:

$R_1(x_1, x_2, \dots, x_{24}) \leq B_1$

$R_2(x_1, x_2, \dots, x_{24}) \leq B_2$

$R_m(x_1, x_2, \dots, x_{24}) \leq B_m$

Дополнительные ограничения на переменные:

$X_i \min \leq x_i \leq X_i \max$

В нашем случае исходные данные для построения модели следующие.

Компания производит три типа продукции (1,2,3) на собственном заводе. В составе завода один цех. В цехе два участка: заготовительный (на станках изготавливаются полуфабрикаты) и сборочный.

Сборка

Изготовленные (или закупленные на стороне) полуфабрикаты вручную собираются в готовый продукт на сборочном участке. Технология сборки состоит из одной сборочной операции. Любой сборщик может собирать любое изделие. Количество сборщиков задается. Сборочный участок работает в одну смену и может работать в будние дни, субботы и воскресенья. Отсюда и возникают первые 9 переменных.

В следующих таблицах приведены числовые ресурсные характеристики сборки. Для простоты описания модели мы используем числовые значения показателей, а не их условные обозначения.

Таблица 1. Цена продажи изделий (средняя по 3 сегментам рынка), устанавливается маркетологом

Вид изделия	Изделие 1	Изделие 2	Изделие 3
Средняя цена за шт. (рубю)	320	520	890

Таблица 2. Время сборки

Вид изделия	Изделие 1	Изделие 2	Изделие 3
Минимальное время, необходимое для сборки, мин. Это время можно изменять.	100	150	300

Таблица 3. Часовая ставка ЗП сборщика

Стартовая ставка сборщика руб./ч. (ставку можно увеличивать)	9,0
--	-----

Таблица 4. Квартальный фонд времени работы сборочного участка (час) и повышающие коэффициенты к зарплате (ЗП)

Режим работы	Будние дни	Субботы	Воскресенья
Фонд времени работы участка (ч.)	420	84	72
Повышающие коэффициенты к часовой ставке сборщиков	1,0	1,5	2,0

Обозначим Y_1, Y_2, Y_3 – искомое количество собираемых изделий 1, 2 и 3 вида соответственно. С помощью индексов «б», «с», «в» обозначим изделия, собираемые в будние дни, субботы и воскресенья.

Также обозначим число сборщиков КС

Теперь можно составить формулы объема продаж, ограничений временем на работу сборочного участка и формулу расчета заработной платы сборщиков.

Объем продаж:

$$(Y_{1б} + Y_{1с} + Y_{1в}) * 320 + (Y_{2б} + Y_{2с} + Y_{2в}) * 520 + (Y_{3б} + Y_{3с} + Y_{3в}) * 890$$

Ограничения на время работы сборочного участка:

$$(Y_{1б} * 100 + Y_{2б} * 150 + Y_{3б} * 300) / 60 / КС \leq 420$$

$$(Y_{1с} * 100 + Y_{2с} * 150 + Y_{3с} * 300) / 60 / КС \leq 84$$

$$(Y_{1в} * 100 + Y_{2в} * 150 + Y_{3в} * 300) / 60 / КС \leq 72$$

Формула расчета заработной платы сборщиков:

$$ЗП с = (Y_{1б} + Y_{1с} * 1,5 + Y_{1в} * 2,0) * 100 / 60 * 9 + (Y_{2б} + Y_{2с} * 1,5 + Y_{2в} * 2,0) * 150 / 60 * 9 + (Y_{3б} + Y_{3с} * 1,5 + Y_{3в} * 2,0) * 300 / 60 * 9$$

Заготовка (производство полуфабрикатов)

Для каждого вида готовой продукции производится свой полуфабрикат. Т.е. заготовительное производство выпускает 3 вида полуфабриката (1,2,3).

Для производства полуфабрикатов используется сырье одного вида. В каждый вид полуфабриката сырье входит в разных количествах.

Технологический процесс производства каждого полуфабриката состоит из одной операции, которая выполняется на одном станке. Можно установить несколько одинаковых станков. Тогда они будут работать параллельно. Начальное число станков 3, но далее команда может докупать станки. Это зависит от финансовых возможностей компании и ограничений цеха по площади. На каждый станок требуется 25 кв. метров цеховой площади. На каждого сборщика требуется 10 кв. метров цеховой площади.

Число имеющихся станков будет обозначать КСТ.

Каждый станок в смену обслуживают четыре оператора (механика).

Заготовительный участок может работать в будние дни, в субботы и воскресенья. Участок может работать в одну, две или три смены. И эта сменность устанавливается для всех дней недели. Не может, чтобы в будние дни было 2 или 3 смены, а в выходные — 1.

Сменность работы заготовительного участка обозначим СМЕН.

В принципе полуфабрикаты можно закупать на рынке.

В следующих таблицах приведены числовые ресурсные характеристики заготовительного производства.

Таблица 5. Время изготовления полуфабрикатов и входимость сырья

Вид изделия	Изделие 1	Изделие 2	Изделие 3
Машиноёмкость заготовки ПФ, мин.	60	75	120
Расход сырья на полуфабрикат, шт.	1	2	3

Таблица 6. Квартальный фонд времени работы оборудования заготовительного участка (час) и повышающие коэффициенты к часовой ставке зарплат

Режим работы и число механиков на станок	Будние дни	Субботы (ставка +50 %)	Воскресенья (ставка +100 %)	Премии
--	------------	------------------------	-----------------------------	--------

1 сменный режим работы 4 чел.	420 ч.	84 ч.	72 ч.	0 %
2 сменный режим работы 8 чел.	840 ч.	84 ч.	144 ч.	33 %
3 сменный режим работы 12 чел.	1260 ч.	126 ч.	216 ч.	66 %

Часовая ставка зарплаты механика составляет 65 % от ставки сборщика. Ставка увеличивается при работе участка в 2 или 3 смены. Коэффициенты увеличения 1,33 или 1,66 соответственно. При работе в субботу ставка дополнительно

увеличивается в 1,5 раза. При работе в воскресенье — в 2 раза.

Цена на сырьё (устанавливается на квартал). Пусть это будет, например, 68 руб. за единицу.

Таблица 7. Цена полуфабрикатов при закупке у других производителей (руб) (устанавливается на квартал)

ПФ 1	ПФ 2	ПФ 3
101	158	245

Таблица 8. Прочие заводские расходы:

Показатель	Начальное значение	Итого
Контроль за сменой (за каждую смену)	12 500 руб.	12 500 * КСМЕН
Накладные расходы на единицу оборудования	3 500 руб.	3 500 * КСТ
Эксплуатационные расходы на 1 машино-час	8 руб.	8* машиноёмкость
Расходы на планирование поставок, за 1 ед. продукции	1 руб.	Y1+Y2+Y3
Затраты отдела контроля качества за 1 ед.	1 руб.	Y1+Y2+Y3

Обозначим:

X1б, X1с, X1в, X2б, X2с, X2в, X3б, X3с, X3в — искомое количество производимых полуфабрикатов в будние дни, субботы и воскресения.

Z1, Z2, Z3 — количество используемых закупленных полуфабрикатов.

Тогда можно составить формулы ограничений временем на работу заготовительного участка, формулу расчета заработной платы механиков, формулу баланса выпуска полуфабрикатов в соответствии с потребностями сборки, формулу потребности в сырье, формулу стоимости закупаемого сырья.

Ограничение временем на работу заготовительного участка (например, при 2-сменной работе):

$$\begin{aligned} (X1б * 60 + X2б * 75 + X3б * 120) / 60 / КСТ &\leq 840 \\ (X1с * 60 + X2с * 75 + X3с * 120) / 60 / КСТ &\leq 84 \\ (X1в * 60 + X2в * 75 + X3в * 120) / 60 / КСТ &\leq 144 \end{aligned}$$

Формула расчета заработной платы механиков (при 2-сменной работе):

$$\begin{aligned} ЗП м = (X1б + X1с * 1,5 + X1в * 2,0) * 60 / 60 * 9 * \\ 0,65 * 8 * 1,33 + (X2б + X2с * 1,5 + X2в * 2,0) * 75 / 60 \\ * 9 * 0,65 * 8 * 1,33 + (X3б + X3с * 1,5 + X3в * 2,0) * \\ 120 / 60 * 9 * 0,65 * 8 * 1,33 \end{aligned}$$

На самом деле формула несколько сложнее из-за необходимости считать, что если станки загружены менее чем 360 часов, то зарплата механикам выплачивается из расчета отработки 360 часов. Но эта сложность здесь не обсуждается, чтобы не загромождать формулы.

Балансовые формулы выпуска полуфабрикатов в соответствии с потребностями сборки:

$$(X1б + X1с + X1в) + Z1 = Y1б + Y1с + Y1в$$

$$(X2б + X2с + X2в) + Z2 = Y2б + Y2с + Y2в$$

$$(X3б + X3с + X3в) + Z3 = Y3б + Y3с + Y3в$$

Можно запретить закупать полуфабрикаты дополнительным ограничением типа Z1, Z2, Z3 = 0

Формула расчётов потребности в сырье:

$$(X1б + X1с + X1в) * 1 + (X2б + X2с + X2в) * 2 + (X3б + X3с + X3в) * 3$$

Расходы на сырьё задаются формулой

$$((X1б + X1с + X1в) * 1 + (X2б + X2с + X2в) * 2 + (X3б + X3с + X3в) * 3) * 68$$

Расходы на использование покупных полуфабрикатов задаются формулой:

$$Z1 * 101 + Z2 * 158 + Z3 * 245$$

В качестве критерия выступает максимум прибыли. Критерий рассчитывается по формуле:

Продажи — Производственная себестоимость

В производственную себестоимость входят все перечисленные выше показатели.

Для решения задачи мы использовали штатную надстройку EXCEL «Поиск решения».

Решение находится более чем 1000 итераций. И это наилучшее при заданных ограничениях решение. Меняя ограничения, мы получаем набор решений, по которому и делаем окончательные выводы.

Эксперименты с моделью позволили получить три дополнительных вывода:

Работать с закупленными полуфабрикатами может быть не выгодным.

При 2-сменной работе лучшее структурное соотношение между числом станков и числом сборщиков 1:3. Этот вывод был положен в основу стратегического решения о развитии компании.

Лучший продукт с точки зрения критерия прибыльность — это изделие 2. Вся маркетинговую тактику мы построили на увеличение продаж именно этого изделия. Изделия 1 и 3 в этом случае выпускаются только в минимально необходимом объеме, для удовлетворения заказов. ■

Optimized production planning model for the contest «Cup manage»

© Solskiy M., Solski B., Iakushkina A., 2021

A model for optimizing the production of products for the conditions of the «Drive» Cup is proposed. A method has been developed for calculating the wages of workers of the procurement section, taking into account a fixed payment in case of underloading of performers. The model is designed for use in Excel. Test tests have been carried out. The solution is found in less than 1000 iterations. It was found that before applying the method for finding a solution, the sought variables must be zeroed.

Keywords: Manage Cup, optimal plan, variable, constraints, balance of semi-finished products, costs, search for a solution.