

К НОВОЙ ОФИЦИАЛЬНОЙ ВЕРСИИ

# ЕГЭ 2019

Ю. В. Садовничий

## МАТЕМАТИКА ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

**100**  
**БАЛЛОВ**

- Все типы задач экономической тематики
- Систематизация по типам
- Основные методы решения
- Разбор решений примеров
- Ответы к задачам для самостоятельного решения



Издательство  
**ЭКЗАМЕН**<sup>®</sup>

эффективный тренинг

Ю. В. Садовничий

ЕГЭ 100 БАЛЛОВ

# МАТЕМАТИКА

## ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

*Все типы задач экономической тематики*

*Систематизация по типам*

*Основные методы решения*

*Разбор решений примеров*

*Ответы к задачам*

*для самостоятельного решения*

*Издательство  
«ЭКЗАМЕН»*

МОСКВА

2019

УДК 372.8:51  
ББК 74.262.21  
С14

**Садовничий Ю. В.**

С14 ЕГЭ 2019. 100 баллов. Математика. Профильный уровень. Экономические задачи / Ю. В. Садовничий. — М. : Издательство «Экзамен», 2019. — 94, [2] с. (Серия «ЕГЭ. 100 баллов»)

ISBN 978-5-377-13644-6

Данная книга посвящена задачам экономической тематики, аналогичным задаче 17 ЕГЭ по математике.

В каждой главе книги приведен краткий теоретический материал. Рассмотрены формула сложных процентов и задачи, связанные с оптимизацией: нахождением минимального и максимального значений некоторой величины. Задачи систематизированы по темам и методам их решения.

Приведено большое количество примеров с решениями и задачи для самостоятельного решения, к которым даны ответы.

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

УДК 372.8:51  
ББК 74.262.21

---

Формат 60x90/16. Гарнитура «Школьная».

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 2,77.

Усл. печ. л. 6. Тираж 5000 экз. Заказ № 1636.

---

ISBN 978-5-377-13644-6

© Садовничий Ю. В., 2019  
© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2019

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Глава 1. Предварительные задачи .....	6
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> .....	15
Глава 2. Формула сложных процентов .....	18
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> .....	30
Глава 3. Исследование функций и графические иллюстрации .....	33
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> .....	47
Глава 4. Задачи на оптимизацию.....	50
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> .....	65
Глава 5. Специфика целых чисел .....	69
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> .....	74
Глава 6. Другие задачи .....	76
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> .....	87
Ответы к задачам для самостоятельного решения.....	92

## Введение

Задача 17 ЕГЭ по математике — это новая задача экономической тематики. Особенность этой задачи состоит в том, что при ее решении практически не нужно знать никакой теории, кроме, разве что, определения процента. При этом задача считается сложной, прежде всего за счет достаточно объемных вычислений.

Задачи экономического типа имеют важное прикладное значение. Действительно, столкнуться с такой задачей может как сотрудник банка, так и руководитель предприятия. Нужно ли говорить, что от правильного (и рационального) ее решения зависит многое. Естественно, разбираясь в этом решении, школьник повышает свою экономическую грамотность.

В данной книге на примерах конкурсных заданий, а также задач, предлагавшихся на ЕГЭ по математике, предпринята попытка систематизировать их по темам и изложить основные методы решения. При этом упор делается на разбор большого количества примеров различных типов. В конце каждой главы читателю предлагаются задачи для самостоятельного решения, снабженные ответами.

В первой главе дается определение процента и приводятся тренировочные задачи, в которых это определение используется. Вторая глава посвящена формуле сложных процентов. По этой формуле можно, например, рассчитать сумму вклада, лежащего в банке несколько лет под определенной годовой процентной ставкой.

В третьей и четвертой главах разобраны задачи, связанные с оптимизацией какого-либо процесса. Это может

быть нахождение минимального и максимального значения некоторой заданной величины при определенных условиях, а также исследование различных функций. В последних двух главах предложены задачи экономической тематики, не вошедшие в предыдущие главы.

В каждой главе дается краткий теоретический материал, а также необходимое количество примеров, чтобы составить полное представление по данной теме. Рекомендуется сделать попытку решить данные задания самостоятельно, а в случае неудачи ознакомиться с предложенным решением.

Автор надеется, что данная книга будет полезна учащимся старших классов для самостоятельной подготовки к ЕГЭ, а также учителям математики и репетиторам.

***Желаем успехов!***

# ГЛАВА 1

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

В данной главе приводятся простейшие задачи на проценты. Процент — это сотая часть числа. Если число  $b$  составляет  $p\%$  от числа  $a$ , то верно следующее соотношение:

$$\frac{b}{a} = \frac{p}{100}.$$

Из этой пропорции по двум известным величинам всегда можно найти третью.

Обратим внимание, что в задачах такого типа важно понимать, от какого из чисел берутся проценты. Например, утверждение «Число  $a$  больше числа  $b$  на  $p\%$ » не эквивалентно утверждению «Число  $b$  меньше числа  $a$  на  $p\%$ ». Рассмотрим несколько примеров.

**Пример 1:** Некоторое число уменьшили на 20%. На сколько процентов надо увеличить результат, чтобы получить первоначальное число?

*Решение:* Пусть  $x$  — первоначальное число. После уменьшения на 20% оно станет равно  $0,8x$ . Число  $x$  составляет  $\frac{5}{4}$  от числа  $0,8x$ , то есть 125%. Таким образом, полученное число надо увеличить на 25%.

Ответ: На 25%.

**Пример 2:** Магазин в первый день продал 40% имеющихся овощей. За второй день он продал 80% количества овощей, проданных в первый день. В третий день — оставшиеся 28 кг. Сколько килограммов овощей было в магазине первоначально?

*Решение:* Пусть первоначально в магазине было  $x$  кг овощей, тогда к концу первого дня осталось  $0,6x$ . Во второй день магазин продал

$$0,8 \cdot 0,4x = 0,32x,$$

к концу второго дня осталось

$$0,6x - 0,32x = 0,28x,$$

что составило 28% от  $x$ . Значит, изначально было 100 кг овощей.

Ответ: 100 кг.

**Пример 3:** Сумма двух чисел равна 1100. Найти наибольшее из них, если 6% одного из них равны 5% другого.

*Решение:* Пусть  $x$  и  $y$  — данные числа. Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \begin{cases} x + y = 1100, \\ 0,06x = 0,05y; \end{cases} &\Leftrightarrow \begin{cases} x + y = 1100, \\ y = 1,2x; \end{cases} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \begin{cases} 2,2x = 1100, \\ y = 1,2x; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 500, \\ y = 600. \end{cases} \end{aligned}$$

Таким образом, наибольшее из чисел равно 600.

Ответ: 600.

**Пример 4:** Сколько надо взять 20%-го раствора соли, чтобы при смешивании с 2 кг 10%-го раствора соли получить 12%-й раствор?

*Решение:* Возьмем  $x$  кг 20%-го раствора соли, в нем содержится  $0,2x$  кг соли. В 2 кг 10%-го раствора соли содержится 0,2 кг соли, таким образом, в смеси будет содержаться  $0,2x + 0,2$  кг соли. Вес смеси равен  $(2 + x)$  кг, поэтому процентное содержание соли в ней равно  $\frac{0,2x + 0,2}{2 + x} \cdot 100\%$ . Имеем уравнение:

$$\frac{0,2x + 0,2}{2 + x} \cdot 100 = 12 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 20(x + 1) = 12(2 + x) \Leftrightarrow x = 0,5.$$

Таким образом, необходимо взять 0,5 кг 20% -го раствора.

Ответ: 0,5 кг.

**Пример 5:** Из цистерны в бассейн сначала перелили 50% имеющейся в цистерне воды, затем еще 100 литров, затем еще 5% от остатка. При этом количество воды в бассейне возросло на 31%. Сколько литров воды было в цистерне, если в бассейне первоначально было 2000 литров воды?

*Решение:* Пусть первоначально в цистерне было  $x$  литров воды. Так как в бассейн было добавлено

$$2000 \cdot 0,31 = 620 \text{ литров,}$$

то такое же количество воды было вылито из цистерны. Согласно условию задачи имеем уравнение:

$$0,5x + 100 + 0,05(0,5x - 100) = 620 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0,525x = 525 \Leftrightarrow x = 1000.$$

Таким образом, в цистерне было 1000 литров.

Ответ: 1000 л.

**Пример 6:** На вступительном экзамене по математике 15% поступающих не решили ни одной задачи, 144 человека решили задачи с ошибками, а число остальных абитуриентов, верно решивших все задачи, относится к числу не решивших ничего как 5:3. Сколько человек экзаменовалось по математике в этот день?

*Решение:* Согласно условиям задачи число абитуриентов, верно решивших все задачи, составляет 25% от числа поступающих. Значит, с ошибками решили задачи

60% абитуриентов, что составило 144 человека. Таким образом, всего абитуриентов было

$$\frac{144}{60} \cdot 100 = 240 \text{ человек.}$$

Ответ: 240 человек.

**Пример 7:** В городе  $N$  9% коренного населения в зимний период занято народным промыслом. Летом 36% коренного населения уезжает из города, но общая численность населения за счет приезжающих туристов составляет 80% от численности в зимний период. Сколько процентов от общей численности населения в летний период занято народным промыслом, если среди коренного населения доля занятых народным промыслом осталась такой же, как и в зимний период?

*Решение:* Пусть  $x$  — число коренного населения в зимний период. Тогда летом в городе  $N$  проживает  $0,64x$  коренного населения и  $0,16x$  туристов (всего  $0,8x$ ). Народным промыслом летом заняты  $0,09 \cdot 0,64x = 0,0576x$ . Это от  $0,8x$  составляет

$$\frac{0,0576x}{0,8x} \cdot 100\% = 7,2\%.$$

Ответ: 7,2%.

**Пример 8:** Из двух сплавов, первый из которых содержал 8 кг меди, а второй — 10 кг, получили новый сплав, содержащий не менее 36% меди. Каково процентное содержание меди в первом сплаве, если известно, что во втором оно было на 8% больше, чем в первом?

*Решение:* Пусть  $p\%$  — процентное содержание меди в первом сплаве и  $(p + 8)\%$  — процентное содержание меди во втором сплаве. Тогда  $\frac{8 \cdot 100}{p}$  — масса первого

сплава, а  $\frac{10 \cdot 100}{p+8}$  — масса второго сплава. Масса нового сплава равна  $\frac{800}{p} + \frac{1000}{p+8}$ , а процентное содержание меди в нем —  $\left(18 : \left(\frac{800}{p} + \frac{1000}{p+8}\right)\right) \cdot 100\%$ . Согласно условию задачи имеем неравенство:

$$\begin{aligned} & \left(18 : \left(\frac{800}{p} + \frac{1000}{p+8}\right)\right) \cdot 100 \geq 36 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow & \frac{800}{p} + \frac{1000}{p+8} \leq 50 \Leftrightarrow \frac{16}{p} + \frac{20}{p+8} - 1 \leq 0 \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow 16(p+8) + 20p - p(p+8) \leq 0 \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow p^2 - 28p - 128 \geq 0 \Leftrightarrow p \geq 32, \end{aligned}$$

так как  $p \geq 0$ . Таким образом, процентное содержание меди в первом сплаве должно быть не менее 32%.

Ответ: Не менее 32%.

**Пример 9:** Два куска сыра имеют форму прямоугольного параллелепипеда каждый. Длина первого куска на 50% больше длины второго куска, а ширина и высота первого куска соответственно на 20% и 30% меньше ширины и высоты второго куска. У какого куска сыра объем больше и на сколько процентов?

*Решение:* Пусть  $a$ ,  $b$  и  $c$  — соответственно длина, ширина и высота второго куска. Тогда длина первого куска будет равна  $1,5a$ , ширина —  $0,8b$ , высота —  $0,7c$ . Объем первого куска равен

$$V_1 = 1,5a \cdot 0,8b \cdot 0,7c = 0,84abc,$$

объем второго куска —

$$V_2 = abc.$$

Значит, объем второго куска составляет от объема первого куска

$$\frac{abc}{0,84abc} \cdot 100\% = 119\frac{1}{21}\%.$$

Следовательно, объем второго куска больше объема первого куска на  $19\frac{1}{21}\%$ .

Ответ: Объем второго куска больше на  $19\frac{1}{21}\%$ .

**Пример 10:** Брокерская фирма приобрела два пакета акций, а затем их продала на общую сумму 7 миллионов 680 тысяч рублей, получив при этом 28% прибыли. За какую сумму фирма приобрела каждый из пакетов акций, если при продаже первого пакета прибыль составила 40%, а при продаже второго — 20%?

*Решение:* Пусть  $x$  и  $y$  — стоимость (в млн рублей) первого и второго пакетов акций соответственно. Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{cases} 1,28(x+y) = 7,68; \\ 1,28(x+y) = 1,4x + 1,2y; \end{cases} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow \begin{cases} x+y = 6, \\ 2y = 3x; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 2,4; \\ y = 3,6. \end{cases}$$

Таким образом, первый пакет акций стоил 2 млн 400 тыс. рублей, второй — 3 млн 600 тыс. рублей.

Ответ: 2 млн 400 тыс. рублей и 3 млн 600 тыс. рублей.

**Пример 11:** На факультете  $X$  отличники составляют 10% от общего количества студентов этого факультета, на факультете  $Y$  — 20%, а на факультете  $Z$  — 4%. Найти средний процент отличников по всем трем факультетам, если известно, что на факультете  $Y$  учится на 50% боль-

ше студентов, чем на факультете  $X$ , а на факультете  $Z$  — вдвое меньше, чем на факультете  $X$ .

*Решение:* Пусть  $n$  — количество студентов, которые учатся на факультете  $Z$ . Тогда на факультете  $X$  учатся  $2n$  студентов, а на факультете  $Y$  —  $3n$  студентов. На факультете  $X$  количество отличников равно

$$0,1 \cdot 2n = 0,2n;$$

на факультете  $Y$  —

$$0,2 \cdot 3n = 0,6n;$$

а на факультете  $Z$  —  $0,04n$ . Таким образом, общее число студентов равно  $6n$ , общее число отличников равно  $0,84n$ ; и средний процент отличников равен

$$\frac{0,84n}{6n} \cdot 100\% = 14\%.$$

Ответ: 14%.

**Пример 12:** Популярность продукта  $A$  за 2002 год выросла на 20%, в следующем году снизилась на 10%, а в конце 2004 года сравнилась с популярностью продукта  $B$ . Популярность продукта  $B$  в 2002 году снизилась на 20%, затем на протяжении одного года не изменилась, а за 2004 год выросла на 40%. Как изменилась популярность продукта  $A$  за 2004 год, если в начале 2002 года она составляла  $\frac{2}{3}$  от популярности продукта  $B$ ?

*Решение:* Пусть  $x$  — популярность продукта  $A$  в начале 2002 года. Тогда в конце 2002 года она была равна  $1,2x$ ; а в конце 2003 года —

$$0,9 \cdot 1,2x = 1,08x.$$

Популярность продукта  $B$  изначально составляла  $1,5x$ ; в конце 2002 и 2003 годов —

$$0,8 \cdot 1,5x = 1,2x;$$

а в конце 2004 года —

$$1,4 \cdot 1,2x = 1,68x.$$

Таким образом, популярность продукта  $A$  за 2004 год выросла с  $1,08x$  до  $1,68x$ , то есть на

$$\frac{1,68x - 1,08x}{1,08x} \cdot 100\% = \frac{500}{9}\%.$$

Ответ: Выросла на  $\frac{500}{9}\%$ .

**Пример 13:** Магазин закупил некоторое количество товара и начал его реализацию по цене на 25% выше цены, назначенной производителем, чтобы покрыть затраты, связанные с его транспортировкой, и другие дополнительные расходы. Оставшуюся после реализации часть товара магазин уценил на 16% с тем, чтобы покрыть только затраты на закупку этой части товара у производителя и его транспортировку. Сколько процентов от цены, назначенной производителем, составляла стоимость транспортировки товара?

*Решение:* Пусть  $x$  — цена товара, назначенная производителем. Первую часть товара (до уценки) магазин продал по цене  $1,25x$ ; вторую часть (после уценки) — по цене

$$0,84 \cdot 1,25x = 1,05x.$$

Следовательно, согласно условию задачи, расходы на транспортировку составили 5%.

Ответ: 5%.

**Пример 14:** Четыре отраслевых предприятия  $K$ ,  $L$ ,  $M$ ,  $N$ , обсуждая планы объединения усилий, установили, что без  $K$  три оставшихся будут контролировать 55% рынка отрасли; без  $L$  три других — 60%;  $K$ ,  $L$ ,  $N$  без  $M$  — 66%; три предприятия без  $N$  — 73% рынка отрасли. Какова доля каждого из этих предприятий на рынке?

**Решение:** Пусть предприятие  $K$  контролирует  $x\%$  отрасли, предприятие  $L$  —  $y\%$ , предприятие  $M$  —  $z\%$  и предприятие  $N$  —  $t\%$ . Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{cases} y + z + t = 55, \\ x + z + t = 60, \\ x + y + t = 66, \\ x + y + z = 73; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x - y = 5, \\ y - z = 6, \\ z - t = 7, \\ x + y + z = 73; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} z = t + 7, \\ y = z + 6 = t + 13, \\ x = y + 5 = t + 18, \\ (t + 18) + (t + 13) + (t + 7) = 73; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 29\frac{2}{3}, \\ y = 24\frac{2}{3}, \\ z = 18\frac{2}{3}, \\ t = 11\frac{2}{3}. \end{cases}$$

Ответ:  $29\frac{2}{3}\%$ ,  $24\frac{2}{3}\%$ ,  $18\frac{2}{3}\%$ ,  $11\frac{2}{3}\%$ .

**Пример 15:** В свежих грибах содержание воды колеблется от 80% до 99%, а в сушеных — от 20% до 40%. В какое наибольшее число раз при этих условиях может уменьшиться вес грибов в результате сушки?

**Решение:** Ясно, что условие задачи выполнено, если в свежих грибах содержание воды составляет 99%, а в сушеных — 20%. Возьмем килограмм свежих грибов, в них 990 граммов воды и 10 граммов «собственно грибов». После сушки останется также 10 граммов «собственно грибов», а вес  $m$  сушеных грибов определяем из пропорции:

$$\frac{10}{m} = \frac{80\%}{100\%} \Leftrightarrow m = 12,5.$$

Значит, вес грибов уменьшился в  $\frac{1000}{12,5} = 80$  раз.

Ответ: В 80 раз.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Цену товара повысили на 50%, а затем снизили на 50%. Как изменится цена товара?
2. Цена изделия составляла 1000 рублей и была снижена сначала на 10%, затем еще на 20%. Какова окончательная цена товара?
3. Цену товара повысили на 25%, затем новую цену повысили еще на 10% и, наконец, произвели повышение цены еще на 12%. На сколько процентов повысили первоначальную цену товара?
4. После ремонта путей скорость движения поездов на участке длиной 90 км возросла на 20%, за счет чего время прохождения участка уменьшилось на 18 минут. За какое время поезда стали проходить данный участок пути?
5. Из двух сплавов, первый из которых содержал 1 кг, а второй — 3 кг серебра, получили новый сплав, содержащий 12% серебра. Каково процентное содержание серебра в первом сплаве, если известно, что во втором оно было на 12% больше, чем в первом?
6. Среди постоянных жителей горного курорта  $K$  7% предпочитают отдыхать на море. Летом 64% постоянных жителей уезжает из города, но общая численность населения за счет приезжающих туристов составляет 120% от численности постоянного населения в зимний период. Сколько процентов любителей морского отдыха среди общей численности населения в летний период, если их доля среди постоянных жителей не изменилась, а приезжающие туристы отдыхать на море не любят?

7. В сосуде находится некоторое количество смеси воды с кислотой. Чтобы уменьшить процентную концентрацию кислоты на 34%, в сосуд надо долить 3 л воды, а чтобы уменьшить ее на 17%, надо долить 1 л воды. Какова процентная концентрация кислоты в воде?
8. Антикварный магазин продал картину со скидкой в 10% по сравнению с первоначально назначенной ценой и получил при этом 8% прибыли. Сколько процентов прибыли магазин предполагал получить первоначально?
9. Сплав из двух металлов массой в 40 кг содержит 15% одного из них. Сколько кг этого металла надо добавить к сплаву, чтобы его процентное содержание увеличилось до 32%?
10. В магазине одежды проводилась распродажа. Костюмы продавались со скидкой 20%, плащи — со скидкой 40%. Покупатель купил костюм и плащ за 9180 рублей в сумме, заплатив на 32% меньше их суммарной первоначальной цены. Найти первоначальные цены костюма и плаща.
11. Имеется сплав меди с никелем. Сплавив его с 6 кг меди, получили сплав, в котором содержится 50% меди, а сплавив его с 10 кг никеля, получили сплав, в котором содержится 10% меди. Найти процентное содержание меди в первоначальном сплаве.
12. После того, как 1500 новых вкладчиков открыли в банке счета на общую сумму в 7 млн 800 тыс. рублей, средний размер вклада, составлявший 6 тыс. рублей, уменьшился на 10%. Определить число старых вкладчиков банка.

13. Имеются три сплава никеля с цинком, общая масса которых 30 кг. В первом содержится 40% никеля, во втором — 22%, в третьем — 90%. Если первый сплав сплавить со вторым, то получится сплав, содержащий 30% никеля. Если первый сплав сплавить с третьим, получится сплав, содержащий 30% цинка. Найти массу каждого сплава.
14. На покраску дома желтой краски потребовалось больше, чем белой, на 20%, а коричневой краски — на 25% меньше, чем желтой. На сколько процентов коричневой и желтой краски суммарно потребовалось больше, чем белой?
15. После продажи акций оказалось, что доходность каждой акции первого пакета выросла на 30%, а доходность каждой акции второго пакета, в три раза большего по объему, понизилась на 20%. Во сколько раз отличались ожидаемые показатели доходности каждой акции этих пакетов, если вырученная от продажи сумма превысила планируемую на 10%?

## ГЛАВА 2

### ФОРМУЛА СЛОЖНЫХ ПРОЦЕНТОВ

Формула сложных процентов возникает при расчете величины банковского вклада, находящегося несколько лет под действием определенной годовой процентной ставки. Дело в том, что в конце каждого года проценты начисляются уже на ту сумму, которая к этому времени находится на банковском счете. Естественно, начисляемые в конце разных лет суммы отличаются друг от друга (чем дольше лежит вклад, тем больше эта сумма). Итак, пусть гражданин положил в банк  $A$  условных единиц под  $p$  процентов годовых на  $k$  лет. В конце первого года ему будет начислена сумма, равная  $A \cdot \frac{p}{100}$ , и сумма вклада станет равна

$$A + A \cdot \frac{p}{100} = A \left( 1 + \frac{p}{100} \right) \text{ условных единиц.}$$

В конце второго года будет начислено

$$A \left( 1 + \frac{p}{100} \right) \cdot \frac{p}{100}$$

и на счету у гражданина окажется

$$\begin{aligned} A \left( 1 + \frac{p}{100} \right) + A \left( 1 + \frac{p}{100} \right) \cdot \frac{p}{100} = \\ = A \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^2 \text{ условных единиц.} \end{aligned}$$

И так далее, в конце  $k$ -го года сумма на счете станет равна

$$S = A \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^k \text{ условных единиц.}$$

Это и есть формула сложных процентов. Рассмотрим несколько примеров.

**Пример 1:** Банк ежегодно начисляет 10% от суммы вклада. Через сколько лет вклад увеличится хотя бы вдвое?

*Решение:* Пусть  $k$  — искомое число лет,  $x$  — сумма вклада.

После первого года размер вклада станет равным

$$x + 0,1x = 1,1x,$$

после второго года —

$$1,1x + 0,1 \cdot 1,1x = 1,1^2 \cdot x,$$

после  $k$ -го года —  $1,1^k \cdot x$ . Согласно условию задачи имеем неравенство

$$1,1^k \cdot x \geq 2x \Leftrightarrow 1,1^k \geq 2 \Leftrightarrow k \geq 8,$$

так как  $1,1^7 < 1,95$ , а  $1,1^8 > 2,14$ .

Ответ: Через 8 лет.

**Пример 2:** В банк помещен вклад в размере 3900 тыс. рублей под 50% годовых. В конце каждого из первых четырех лет хранения после начисления процентов вкладчик дополнительно вносил на счет одну и ту же фиксированную сумму. К концу пятого года оказалось, что размер вклада увеличился по сравнению с первоначальным на 725%. Какую сумму вкладчик ежегодно добавлял ко вкладу?

*Решение:* Пусть  $x$  — размер суммы, которую вкладчик дополнительно вносил на счет в конце каждого из первых четырех лет.

Согласно условию задачи имеем уравнение:

$$\left( \left( \left( \left( 3900 \cdot 1,5 + x \right) \cdot 1,5 = 3900 \cdot 8,25$$

или, после преобразований,

$$3900 \cdot (1,5)^5 + 12,1875x = 32175 \Leftrightarrow x = 210.$$

Ответ: 210 тыс. рублей.

**Пример 3:** Курс доллара в течение двух месяцев увеличивался на одно и то же число процентов ежемесячно, но не более чем в 1,2 раза. За сумму, вырученную от продажи в начале первого месяца одного доллара, к концу второго месяца можно было купить на 9 центов меньше, чем в конце первого месяца. На сколько процентов уменьшился курс рубля за два месяца?

*Решение:* Пусть в начале первого месяца от продажи одного доллара можно было получить  $x$  рублей, в конце первого месяца —  $x\left(1 + \frac{p}{100}\right)$  рублей, в конце второго —  $x\left(1 + \frac{p}{100}\right)^2$  рублей. Тогда в конце первого месяца за  $x$  рублей можно было получить  $\frac{100}{100 + p}$  долларов, в конце второго —  $\left(\frac{100}{100 + p}\right)^2$  долларов. Согласно условию задачи имеем уравнение

$$\frac{100}{100 + p} - \left(\frac{100}{100 + p}\right)^2 = \frac{9}{100},$$

откуда  $\frac{100}{100 + p} = 0,9$  или  $\frac{100}{100 + p} = 0,1$ .

В первом случае  $p = \frac{100}{9}$ , во втором —  $p = 900$ . Второй случай не имеет места, так как согласно условию задачи курс доллара увеличился не более чем в 1,2 раза. Это означает, что каждый месяц курс доллара увеличивается в

$$1 + \frac{p}{100} = \frac{10}{9} \text{ раза.}$$

То есть если в начале первого месяца  $100x$  рублей стоили 100 долларов, то в конце второго — 81 доллар. Таким образом, курс рубля за два месяца уменьшился на 19%.

Ответ: На 19%.

**Пример 4:** Выработка продукции за год работы предприятия возросла на  $p\%$ , а на следующий год она возросла на  $10\%$  больше, чем в первый год. Определить, на сколько процентов увеличилась выработка за первый год, если известно, что за два года она увеличилась в общей сложности на  $48,59\%$ .

*Решение:* Пусть  $x$  — первоначальная выработка продукции.

Так как за первый год выработка возросла на  $p\%$ , то она стала равна  $x\left(1 + \frac{p}{100}\right)$ .

Аналогично, так как за второй год выработка продукции увеличилась на  $(p + 10)\%$ , она стала равной

$$x\left(1 + \frac{p}{100}\right)\left(1 + \frac{p + 10}{100}\right).$$

Имеем уравнение:

$$x\left(1 + \frac{p}{100}\right)\left(1 + \frac{p + 10}{100}\right) = x\left(1 + \frac{48,59}{100}\right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow p^2 + 210p - 3859 = 0 \Leftrightarrow p = 17.$$

Ответ: На  $17\%$ .

**Пример 5:** Курс рубля по отношению к доллару падает на  $28\frac{4}{7}\%$  в квартал. Что выгоднее: сделать валютный вклад на год с начислением  $60\%$  годовых или конвертировать доллары в рубли и сделать рублевый вклад с начислением  $510\%$  годовых?

*Решение:* Рубль по отношению к доллару каждый квартал дешевеет в

$$\frac{100}{100 - 28\frac{4}{7}} = \frac{7}{5} \text{ раза,}$$

следовательно, доллар по отношению к рублю дорожает каждый квартал в  $\frac{7}{5}$  раза. Следовательно, через год доллар станет дороже в

$$\left(\frac{7}{5}\right)^4 = 3,8416 \text{ раза.}$$

Пусть в начале года один доллар стоит  $x$  рублей. Тогда при первом варианте вкладчик за один доллар получит

$$1,6 \cdot 3,8416x = 6,14656x \text{ рублей,}$$

при втором —  $6,1x$  рублей. Таким образом, первый вариант предпочтительнее.

О т в е т : Первый вариант выгоднее.

**Пример 6:** Фермер получил кредит в банке под определенный процент годовых. Через год фермер в счет погашения кредита вернул в банк  $\frac{1}{6}$  часть от всей суммы, которую он должен был банку к этому времени. А еще через год в счет полного погашения кредита фермер внес в банк сумму, на 20% превышающую величину полученного кредита. Каков процент годовых по кредиту в данном банке?

*Решение:* Пусть  $x$  — сумма полученного кредита,  $p\%$  — процент годовых в данном банке.

Через год после получения кредита фермер должен был банку

$$x \left(1 + \frac{p}{100}\right),$$

вернул в счет погашения долга

$$\frac{x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right),$$

остаток долга

$$\frac{5x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right).$$

Еще через год долг стал равен

$$\frac{5x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2.$$

Согласно условию задачи имеем следующее уравнение:

$$\frac{5x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2 = 1,2x \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2 = \left(\frac{6}{5}\right)^2 \Leftrightarrow 1 + \frac{p}{100} = 1,2 \Leftrightarrow p = 20.$$

Ответ: 20%.

**Пример 7:** В коммерческий банк был сделан вклад под фиксированный процент годового дохода. За первые два года величина вклада возросла на 21 000 рублей, а за третий год она увеличилась еще на 12 100 рублей. Какова была первоначальная величина вклада?

*Решение:* Пусть  $x$  — первоначальный размер вклада,  $p\%$  — процент годового дохода. Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{cases} x \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2 - x = 21\,000, \\ x \left(1 + \frac{p}{100}\right)^3 - x \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2 = 12\,100. \end{cases}$$

Пусть  $\left(1 + \frac{p}{100}\right) = a$ . Имеем:

$$\begin{cases} x(a^2 - 1) = 21\,000, \\ x(a^3 - a^2) = 12\,100; \end{cases} \Leftrightarrow \frac{a^3 - a^2}{a^2 - 1} = \frac{12\,100}{21\,000} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{a^2}{a+1} = \frac{121}{210} \Leftrightarrow a = 1,1.$$

Далее,  $p = 10$  и  $x = \frac{21\,000}{a^2 - 1} = 100\,000$ .

Ответ: 100 000 рублей.

**Пример 8:** В начале года вкладчик открыл счет в банке и внес 1640 тыс. рублей. В конце года он снял 882 тыс. рублей. Еще через год на его счете оказалось 882 тыс. рублей. Сколько процентов годовых начисляет банк?

*Решение:* Пусть  $r\%$  — процент годового дохода в данном банке.

Тогда через год после открытия вклада на счете было

$$1640\left(1 + \frac{r}{100}\right) \text{ тыс. рублей,}$$

вкладчик снял 882 тыс. рублей, остаток

$$1640\left(1 + \frac{r}{100}\right) - 882 \text{ тыс. рублей.}$$

Еще через год на счете оказалось

$$\left(1640\left(1 + \frac{r}{100}\right) - 882\right)\left(1 + \frac{r}{100}\right) \text{ тыс. рублей.}$$

Имеем следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \left(1640\left(1 + \frac{r}{100}\right) - 882\right)\left(1 + \frac{r}{100}\right) &= 882 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 820\left(1 + \frac{r}{100}\right)^2 - 441\left(1 + \frac{r}{100}\right) - 441 &= 0, \end{aligned}$$

откуда

$$\left(1 + \frac{r}{100}\right) = \frac{21}{20} \text{ и } r = 5.$$

Ответ: 5%.

**Пример 9:** В первый год разработки месторождения было добыто 100 тыс. тонн железной руды. В течение нескольких следующих лет годовая добыча руды увеличивалась на 25% по сравнению с каждым предыдущим годом, а затем на протяжении последующих 3 лет поддерживалась на достигнутом уровне. Общий объем добытой руды за все время добычи составил 850 тыс. тонн. Сколько лет разрабатывалось месторождение?

*Решение:* Пусть  $n$  — количество лет, в течение которых годовая добыча руды увеличивалась на 25%. Имеем следующее уравнение:

$$\begin{aligned}
 100 \cdot \left( 1 + \frac{5}{4} + \left(\frac{5}{4}\right)^2 + \dots + \left(\frac{5}{4}\right)^{n-1} + 3 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^{n-1} \right) &= 850 \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow 4 \cdot \left( \left(\frac{5}{4}\right)^n - 1 \right) + 3 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^{n-1} &= \frac{17}{2} \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow 4 \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^n - 4 + 3 \cdot \frac{4}{5} \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^n &= \frac{17}{2} \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow \frac{32}{5} \cdot \left(\frac{5}{4}\right)^n = \frac{25}{2} \Leftrightarrow \left(\frac{5}{4}\right)^n &= \frac{125}{64} \Leftrightarrow n = 3.
 \end{aligned}$$

В преобразованиях мы использовали формулу суммы  $n$  членов геометрической прогрессии:

$$1 + q + q^2 + \dots + q^{n-1} = \frac{q^n - 1}{q - 1}.$$

Таким образом, месторождение разрабатывалось 7 лет.  
**Ответ:** 7 лет.

**Пример 10:** Курс рубля в течение некоторых двух месяцев уменьшался на одно и то же, не превышающее 22, число процентов. В начале первого месяца гражданин К. имел некоторую сумму (в долларах), которую он тогда же конвертировал в рубли. Двое других граждан, имея каждый рублевые суммы в 6,25 раза больше, чем та, которую получил гражданин К. от совершенной им валютной операции, конвертировали их в доллары: один — в конце первого месяца, а другой — в конце второго. При этом у одного из них долларов оказалось больше ровно на столько, сколько господин К. имел в начале первого месяца. На сколько процентов за эти два месяца вырос курс доллара?

*Решение:* Пусть в начале первого месяца гражданин К. имел  $x$  долларов, за которые он тогда же получил

$y$  рублей. Тогда один из других граждан получил в конце первого месяца за  $6,25y$  рублей  $6,25x\left(1 - \frac{p}{100}\right)$  долларов, второй в конце второго месяца —  $6,25x\left(1 - \frac{p}{100}\right)^2$  долларов. Согласно условию задачи имеем следующее уравнение:

$$6,25x\left(1 - \frac{p}{100}\right) - 6,25x\left(1 - \frac{p}{100}\right)^2 = x,$$

откуда  $1 - \frac{p}{100} = \frac{4}{5}$  или  $1 - \frac{p}{100} = \frac{1}{5}$ . В первом случае  $p = 20$ , во втором —  $p = 80$ . Реализуется только первый случай. Таким образом, курс рубля по отношению к доллару уменьшался каждый из этих двух месяцев на 20%, значит, курс доллара по отношению к рублю вырос на 25% в месяц. Тогда за 2 месяца курс вырос в  $1,25^2$  раза, то есть на 56,25%.

Ответ: На 56,25%.

**Пример 11:** 31 декабря 2018 года Сергей взял в банке 9 930 000 рублей в кредит под 10% годовых. Схема выплаты кредита следующая: 31 декабря каждого следующего года банк начисляет проценты на оставшуюся сумму долга (то есть увеличивает долг на 10%), затем Сергей переводит в банк определенную сумму ежегодного платежа. Какой должна быть сумма ежегодного платежа, чтобы Сергей выплатил долг тремя равными ежегодными платежами?

*Решение:* Пусть  $x$  — сумма ежегодного платежа. Согласно условию задачи имеем следующее уравнение:

$$\begin{aligned} ((9930\,000 \cdot 1,1 - x) \cdot 1,1 - x) \cdot 1,1 - x &= 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 9930\,000 \cdot 1,1^3 - x(1,1^2 + 1,1 + 1) &= 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 3,31x = 13\,216\,830 \Leftrightarrow x &= 3\,993\,000. \end{aligned}$$

Ответ: 3 993 000 рублей.

**Пример 12:** Евгений взял 15 января кредит на сумму 1 млн рублей на 6 месяцев. Условия его возврата таковы. Каждый месяц 1-го числа долг возрастает на целое число  $r$  процентов по сравнению с концом предыдущего месяца. Со 2-го по 14-е число каждого месяца необходимо выплатить часть долга. Каждый месяц 15-го числа долг должен составлять некоторую сумму в соответствии со следующей таблицей.

Дата	15.01	15.02	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07
Долг (в млн руб)	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0

Найти наименьшее значение  $r$ , при котором общая сумма выплат будет составлять более 1,25 млн рублей.

*Решение:* Пусть, для определенности, Евгений выплачивает долг 14-го числа каждого месяца. Запишем в виде таблицы суммы этих выплат:

Дата	Сумма выплаты (в млн рублей)
14.02	$1 + \frac{r}{100} - 0,9$
14.03	$0,9 \left(1 + \frac{r}{100}\right) - 0,8$
14.04	$0,8 \left(1 + \frac{r}{100}\right) - 0,7$
14.05	$0,7 \left(1 + \frac{r}{100}\right) - 0,6$
14.06	$0,6 \left(1 + \frac{r}{100}\right) - 0,5$
14.07	$0,5 \left(1 + \frac{r}{100}\right)$

Согласно условию задачи имеем следующее неравенство:

$$\begin{aligned} & \left(1 + \frac{r}{100}\right)(1 + 0,9 + 0,8 + 0,7 + 0,6 + 0,5) - \\ & - (0,9 + 0,8 + 0,7 + 0,6 + 0,5) > 1,25 \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow 4,5 \left(1 + \frac{r}{100}\right) > 4,75 \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow 1 + \frac{r}{100} > \frac{19}{18} \Leftrightarrow r > \frac{50}{9}. \end{aligned}$$

Наименьшее целое число, удовлетворяющее полученному неравенству, это  $r = 6$ .

Ответ:  $r = 6$ .

**Пример 13:** В июле планируется взять кредит в банке на некоторую сумму. Условия его возврата таковы: каждый январь долг возрастает на  $r\%$  по сравнению с концом предыдущего года. С февраля по июнь каждого года необходимо выплачивать часть долга. Найти  $r$ , если известно, что, если выплачивать по 777 600 рублей, то кредит будет погашен за 4 года, а если ежегодно выплачивать по 1 317 600 рублей, то кредит будет полностью погашен за 2 года.

*Решение:* Пусть  $x$  — сумма полученного кредита,  $1 + \frac{r}{100} = p$ ,  $1\,317\,600 = a$ ,  $777\,600 = b$ .

Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} (((xp - b)p - b)p - b) - b = 0, \\ (xp - a)p - a = 0. \end{cases}$$

Если мы домножим первое уравнение на  $p^2$ , а затем из второго уравнения вычтем первое, то получится уравнение

$$\begin{aligned}
 ap^3 + ap^2 - bp^3 - bp^2 - bp - b &= 0 \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow (a - b)(p^3 + p^2) - b(p + 1) &= 0 \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow (p + 1)((a - b)p^2 - b) &= 0 \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow p^2 = \frac{b}{a - b} = 1,44 \Leftrightarrow p &= 1,2.
 \end{aligned}$$

Следовательно,  $1 + \frac{r}{100} = 1,2$  и  $r = 20$ .

Ответ:  $r = 20$ .

**Пример 14:** В июле был взят кредит в банке на некоторую сумму. Условия его возврата таковы: каждый январь долг возрастает на 20% по сравнению с концом предыдущего года. С февраля по июнь каждого года необходимо выплачивать одним платежом часть долга. Сколько рублей было взято в банке, если известно, что кредит был полностью погашен тремя равными платежами (то есть за 3 года) и сумма платежей превосходит взятую в банке сумму на 77 200 рублей?

*Решение:* Пусть  $x$  — сумма кредита,  $y$  — размер ежегодного платежа.

Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned}
 &\begin{cases} 1,2(1,2(1,2x - y) - y) - y = 0, \\ 3y = x + 77\,200; \end{cases} \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow &\begin{cases} 216x = 455y, \\ 3y = x + 77\,200; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 182\,000, \\ y = 86\,400. \end{cases}
 \end{aligned}$$

Таким образом, в банке было взято 182 000 рублей.

Ответ: 182 000 рублей.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Оборудование изнашивается на 10% в год и списывается при износе более чем наполовину. Через сколько лет будет списано оборудование?
2. Найти первоначальную сумму вклада, если после истечения трех лет она выросла на 765,1 рубля при 2% годовых.
3. В городе  $N$  в течение двух лет наблюдался рост числа жителей. Во втором году процент роста числа жителей города  $N$  увеличился на 1 по сравнению с процентом роста числа жителей в первом году. Найти процент роста числа жителей во втором году, если известно, что он на 5,3 меньше, чем процент роста населения за два года.
4. Спустя год после того, как некоторая сумма была внесена на банковский счет, вклад за счет процентов увеличился на 20 160 рублей. Добавив еще 79 840 рублей, вкладчик оставил свой вклад в банке еще на один год. По истечении этого периода общая сумма на банковском счете стала равна 628 160 рублей. Какой процент годовых выплачивает банк, если первоначальный взнос должен быть не менее 5000 рублей?
5. В коммерческий банк был сделан вклад под фиксированный процент годового дохода. За первый год величина вклада возросла на 40 000 рублей, а за последующие два года она увеличилась еще на 86 100 рублей. Какова была первоначальная величина вклада?
6. Заработная плата повышалась два раза, причем процент повышения во второй раз был в два раза больше, чем в первый раз. На сколько процентов повышалась зарплата в первый раз, если до первого повышения она была 70 тысяч рублей, а после второго составила 92 400 рублей?

7. В банк сроком на два года был сделан вклад в размере 1 600 000 рублей. При этом клиент рассчитал, что если он в конце каждого года будет снимать со своего вклада 592 000 рублей, то по истечении двух лет его вклад составит 752 000 рублей. Какой процент годовых по вкладу установлен в данном банке?
8. В первый год разработки месторождения было добыто 400 тыс тонн нефти. В течение ряда последующих лет объем добычи увеличивался ежегодно на 50%, а затем в течение 9 лет не менялся. Общий объем добытой нефти составил 35 миллионов 650 тысяч тонн. Сколько всего лет разрабатывалось месторождение?
9. Гражданин положил в банк определенную сумму денег под постоянный месячный процент, рассчитывая получить за год доход 900 тысяч рублей. Через полгода ему пришлось снять со счета 400 тысяч рублей. Какова была величина исходного вклада, если в конце года сумма на счете составила 2 миллиона рублей?
10. Сергей взял 15 января кредит в банке на 14 месяцев. Условия его возврата таковы. Каждый месяц 1-го числа долг возрастает на  $r\%$  по сравнению с концом предыдущего месяца. Не ранее 2-го числа, но не позднее 14-го числа каждого месяца необходимо выплатить часть долга так, чтобы 15-го числа каждого месяца долг был бы на одну и ту же сумму меньше долга на 15-е число предыдущего месяца. Известно, что общая сумма выплат после погашения кредита на 15% больше суммы, взятой в кредит. Найти  $r$ .
11. В июле 2018 года для развития предприятия планируется взять кредит в банке на  $S$  млн рублей, где  $S$  — целое число, на 4 года. Условия его возврата таковы. Каждый январь долг возрастает на 15% по сравнению с концом предыдущего года. С февраля по июнь каж-

дого года необходимо выплатить часть долга. В июле каждого года долг должен составлять часть кредита в соответствии со следующей таблицей.

Год	2018	2019	2020	2021	2022
Долг (в млн рублей)	$S$	$0,8S$	$0,5S$	$0,1S$	$0$

Найти наибольшее значение  $S$ , чтобы общая сумма выплат была меньше 50 миллионов рублей.

12. В июле планируется взять кредит в банке на сумму 400 000 рублей. Условия его возврата таковы. Каждый январь долг возрастает на  $r\%$  по сравнению с концом предыдущего года. С февраля по июнь каждого года необходимо выплачивать одним платежом часть долга. Найти число  $r$ , если известно, что кредит был полностью погашен за 2 года, причем в первый год было переведено 330 000 рублей, а во второй год — 121 000 рублей.

### ГЛАВА 3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ И ГРАФИЧЕСКИЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ

В данной главе приводятся задачи, в процессе решения которых приходится исследовать различные функции, причем как с помощью производной, так и без нее. Самая популярная из этих функций — квадратичная, графиком которой служит парабола. Хорошо известно, что максимум (или минимум) квадратичной функции достигается в вершине этой параболы. В некоторых задачах мы будем применять графическую иллюстрацию, изображая на координатной плоскости графики функций или области, задаваемые соответствующими неравенствами. Рассмотрим несколько примеров.

**Пример 1:** Прибыль  $P$  предприятия за год определяется соотношением

$$P = A\sqrt{X} - X,$$

где  $X$  — расходы на производство,  $A$  — некоторая положительная постоянная.

В 2017 году прибыль  $P$  оказалась положительной и составила 40% от расходов  $X$ . В 2018 году расходы выбраны так, чтобы прибыль была максимальной. Найти отношение расходов в 2017 году к расходам в 2018 году.

*Решение:* Для расходов в 2017 году имеем уравнение

$$0,4X = A\sqrt{X} - X,$$

откуда

$$X = \frac{A^2}{1,96}.$$

Найдем теперь расходы в 2018 году. Рассмотрим функцию

$$f(X) = A\sqrt{X} - X.$$

Производная этой функции равна

$$f'(X) = \frac{A}{2\sqrt{X}} - 1$$

и обращается в нуль в точке  $X = \frac{A^2}{4}$ . Кроме того, в этой точке производная меняет знак с плюса на минус. Значит,  $X = \frac{A^2}{4}$  — точка максимума. Таким образом, отношение расходов в 2017 году к расходам в 2018 году равно

$$\frac{A^2}{1,96} : \frac{A^2}{4} = \frac{100}{49}.$$

Ответ: 100 : 49.

**Пример 2:** Стоимость изготовления  $m$  коробок равна  $17 + 5m + m^2$ . Определить количество коробок, при котором стоимость изготовления одной коробки минимальна.

*Решение:* Стоимость изготовления одной коробки равна  $5 + m + \frac{17}{m}$ . Рассмотрим функцию

$$f(x) = 5 + x + \frac{17}{x}$$

при  $x > 0$ .

Производная этой функции равна

$$f'(x) = 1 - \frac{17}{x^2}$$

и обращается в нуль в точке  $x = \sqrt{17}$ . Кроме того,

$$f'(x) < 0 \text{ при } 0 < x < \sqrt{17}$$

и

$$f'(x) > 0 \text{ при } x > \sqrt{17}.$$

Поэтому, на первом из указанных промежутков функция  $f(x)$  убывает, на втором — возрастает,  $x_0 = \sqrt{17}$  — точка минимума. Так как  $x_0$  не является целым числом, необходимо проверить ближайшие целые числа, то есть  $x = 4$  и  $x = 5$ . Так как  $f(4) < f(5)$ , то для минимизации стоимости изготовления одного изделия необходимо изготовить 4 коробки.

Ответ:  $m = 4$ .

**Пример 3:** Фабрика получила заказ на изготовление 1005 деталей типа  $P$  и 2010 деталей типа  $Q$ . Каждый из 192 рабочих фабрики затрачивает на изготовление двух деталей типа  $P$  время, за которое он мог бы изготовить одну деталь типа  $Q$ . Каким образом следует разделить рабочих фабрики на две бригады, чтобы выполнить заказ за наименьшее время, при условии, что обе бригады приступят к работе одновременно и каждая из бригад будет занята изготовлением деталей только одного типа?

*Решение:* Пусть  $x$  — число рабочих в бригаде, изготавливающей детали типа  $P$ ,  $192 - x$  — число рабочих в бригаде, изготавливающей детали типа  $Q$ ;  $y$  — количество деталей типа  $Q$ , которое один рабочий делает за единицу времени, тогда  $2y$  — количество деталей типа  $P$ , которое один рабочий делает за ту же единицу времени. Тогда время изготовления деталей типа  $P$  составит

$$t_1 = \frac{1005}{2yx},$$

а время изготовления деталей типа  $Q$  есть

$$t_2 = \frac{2010}{y(192 - x)}.$$

Минимальное время выполнения заказа будет достигаться при  $t_1 = t_2$ :

$$\frac{1005}{2xy} = \frac{2010}{y(192 - x)}.$$

Решим уравнение

$$\frac{1}{2x} - \frac{2}{192 - x} = 0.$$

$$\text{Получим } x^* = 38 \frac{2}{5}.$$

Поскольку  $x^*$  не является целым числом, необходимо исследовать два близлежащих целых числа  $x_1 = 38$  и  $x_2 = 39$ .

Если  $x = 38$ ,  $t_1 = \frac{1005}{76y}$ ,  $t_2 = \frac{1005}{77y}$ , поэтому время выполнения заказа равно  $\frac{1005}{76y}$ .

Если же  $x = 39$ , то в этом случае  $t_1 = \frac{1005}{78y}$ , а  $t_2 = \frac{2010}{153y}$ . Здесь время выполнения заказа составит  $\frac{2010}{153y}$ .

Ясно, что минимальное время достигается при  $x = 39$ . Таким образом, рабочих фабрики следует разделить на бригады в количестве 39 и 153 человека.

Ответ: 39 и 153 человека.

**Пример 4:** Строительство нового завода стоит 78 миллионов рублей. Затраты на производство  $x$  тысяч единиц продукции на таком заводе равны

$$0,5x^2 + 2x + 6 \text{ миллионов рублей в год.}$$

Если продукцию завода продать по цене  $P$  тысяч рублей за единицу, то прибыль фирмы (в млн рублей) за один год составит

$$px - (0,5x^2 + 2x + 6).$$

Когда завод будет построен, фирма будет выпускать продукцию в таком количестве, чтобы прибыль была наибольшей. При каком наименьшем значении  $P$  строительство завода окупится не более чем через 3 года?

*Решение:* Рассмотрим квадратичную функцию

$$y(x) = px - (0,5x^2 + 2x + 6) = -0,5x^2 + (p - 2)x - 6.$$

Максимум этой функции достигается в вершине параболы  $x_0 = p - 2$  (если вершина параболы лежит левее оси  $Oy$ , то максимум достигается при  $x = 0$ , что не имеет практического смысла) и равен

$$y(x_0) = -0,5(p - 2)^2 + (p - 2)^2 - 6 = 0,5(p - 2)^2 - 6.$$

Согласно условию задачи имеем неравенство

$$\begin{aligned} \frac{78}{0,5(p - 2)^2 - 6} \leq 3 &\Leftrightarrow 0,5(p - 2)^2 - 6 \geq 26 \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow (p - 2)^2 \geq 64 \Leftrightarrow p \geq 10. \end{aligned}$$

Таким образом, ответом к задаче будет служить  $p = 10$ .

Ответ:  $p = 10$ .

**Пример 5:** На автомобиле стоят два одинаковых номерных знака, которые можно менять местами — один спереди, другой сзади. Знак, стоящий спереди, за 6 лет эксплуатации приходит в негодность и подлежит замене. Знак, стоящий сзади, приходит в негодность за 12 лет. Износ можно считать пропорциональным времени. Какой максимальный срок (в годах) может прослужить один комплект из двух номерных знаков, если своевременно поменять передний и задний номерной знак местами?

*Решение:* Зависимость износа переднего номерного знака от времени задается формулой

$$y_1(t) = \frac{t}{6}$$

(когда  $y_1(t)$  становится равным 1, знак приходит в негодность), а заднего —

$$y_2(t) = \frac{t}{12}.$$

Пусть  $t_1$  и  $t_2$  — это те интервалы времени, которые изначально передний номерной знак находился соответственно спереди и сзади. Тогда изначально задний номерной знак спереди и сзади находился в течение интервалов времени  $t_2$  и  $t_1$  соответственно. Чтобы комплектом можно было пользоваться, необходимо выполнение следующих неравенств:

$$y_1(t_1) + y_2(t_2) \leq 1 \Leftrightarrow \frac{t_1}{6} + \frac{t_2}{12} \leq 1$$

и

$$y_2(t_1) + y_1(t_2) \leq 1 \Leftrightarrow \frac{t_1}{12} + \frac{t_2}{6} \leq 1.$$

Имеем следующую систему:

$$\begin{cases} \frac{t_1}{6} + \frac{t_2}{12} \leq 1, \\ \frac{t_1}{12} + \frac{t_2}{6} \leq 1; \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{t_1}{6} + \frac{t_2}{12} + \frac{t_1}{12} + \frac{t_2}{6} \leq 2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow t_1 + t_2 \leq 8.$$

При этом равенство  $t_1 + t_2 = 8$  достигается при  $t_1 = t_2 = 4$  (эти числа удовлетворяют системе неравенств). Таким образом, один комплект из двух номерных знаков может прослужить максимум 8 лет.

Ответ: 8 лет.

**Пример 6:** На счет, который вкладчик имел в начале первого квартала, начисляются в конце этого квартала  $r_1$  процентов, а на тот счет, который вкладчик имел в начале второго квартала, начисляются в конце этого квартала  $r_2$  процентов, причем  $r_1 + r_2 = 150$ . Вкладчик положил на счет в начале первого квартала некоторую сумму

и снял в конце того же квартала половину этой суммы. При каком значении  $r_1$  счет вкладчика в конце второго квартала окажется максимально возможным?

*Решение:* Пусть  $x$  — это та сумма, которую вкладчик положил на счет в начале первого квартала. Согласно условиям задачи, в конце второго квартала на счете у вкладчика будет находиться сумма, равная

$$\left(x \left(1 + \frac{r_1}{100}\right) - \frac{x}{2}\right) \left(1 + \frac{r_2}{100}\right),$$

причем  $r_1 + r_2 = 150$ . Пусть  $r_1 = t$ , тогда задача сводится к нахождению точки максимума функции

$$f(t) = \left(\frac{1}{2} + \frac{t}{100}\right) \left(1 + \frac{150-t}{100}\right) = 10^{-4} (50+t)(250-t).$$

Графиком функции  $f(t)$  является парабола, ветви которой направлены вниз, поэтому максимум этой функции достигается в вершине этой параболы  $t_0 = 100$ . Таким образом, ответом к задаче будет служить  $r_1 = 100$ .

Ответ:  $r_1 = 100$ .

**Пример 7:** Строительной организации необходимо построить некоторое количество одинаковых домов общей площадью  $2500 \text{ м}^2$ . Стоимость одного дома площадью  $a \text{ м}^2$  складывается из стоимости материалов  $p_1 a^{\frac{3}{2}}$  тысяч рублей, стоимости строительных работ  $p_2 a$  тысяч рублей и стоимости отделочных работ  $p_3 a^{\frac{1}{2}}$  тысяч рублей. Числа  $p_1, p_2, p_3$  являются последовательными членами геометрической прогрессии, их сумма равна 21, а их произведение равно 64. Если построить 63 дома, то затраты на материалы будут меньше, чем затраты на строительные и отделочные работы. Сколько следует построить домов, чтобы общие затраты были минимальными?

*Решение:* Сначала найдем числа  $p_1$ ,  $p_2$  и  $p_3$ . Согласно условиям задачи имеем систему уравнений

$$\begin{cases} p_2^2 = p_1 p_3, \\ p_1 + p_2 + p_3 = 21, \\ p_1 p_2 p_3 = 64, \end{cases}$$

которая имеет решением тройки чисел (1, 4, 16) и (16, 4, 1). Кроме того, должно выполняться неравенство

$$p_1 a^{\frac{3}{2}} < p_2 a + p_3 a^{\frac{1}{2}},$$

где  $a = \frac{2500}{63}$ .

В первом случае это неравенство имеет вид

$$a < 4\sqrt{a} + 16,$$

что эквивалентно неравенству

$$a < 24 + 8\sqrt{5},$$

во втором —

$$16a < 4\sqrt{a} + 1,$$

что равносильно неравенству

$$a < \frac{3 + \sqrt{5}}{32}.$$

Ясно, что для данного  $a$  реализуется только первый случай.

Итак,  $p_1 = 1$ ,  $p_2 = 4$ ,  $p_3 = 16$ .

Пусть построено  $x$  домов. Тогда площадь одного дома равна

$$a = \frac{2500}{x}$$

и затраты на строительство равны

$$\begin{aligned}
 S &= \left[ \left( \frac{2500}{x} \right)^{\frac{3}{2}} + 4 \cdot \frac{2500}{x} + 16 \cdot \left( \frac{2500}{x} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot x = \\
 &= \frac{125\,000}{\sqrt{x}} + 10\,000 + 800\sqrt{x} \geq \\
 &\geq 10\,000 + 2 \cdot \sqrt{\frac{125\,000}{\sqrt{x}}} \cdot 800\sqrt{x} = 30\,000
 \end{aligned}$$

тысяч рублей согласно неравенству, связывающему среднее арифметическое и среднее геометрическое двух положительных чисел. При этом равенство возможно тогда и только тогда, когда

$$\frac{125\,000}{\sqrt{x}} = 800\sqrt{x},$$

то есть  $x = 156,25$ . Так как получилось нецелое число, необходимо проверить  $x = 156$  и  $x = 157$ . Если  $x = 156$ , то  $S = 30\,000,005$ ; если же  $x = 157$ , то  $S = 30\,003,947$ . Поэтому выгоднее строить 156 домов.

Ответ: 156 домов.

**Пример 8:** Инвестору предлагаются два проекта для вложения денежных средств. В каждом проекте зависимость прибыли  $y$  (тыс. рублей) от вложений  $x$  (тыс. рублей) определяется квадратичной функцией

$$y(x) = ax^2 + bx$$

с коэффициентами  $a$  и  $b$ , зависящими от проекта. Известно, что при инвестировании средств только в первый проект максимальная прибыль в 200 тыс. рублей достигается при вложении 100 тыс. рублей, а при инвестировании только во второй проект максимальная прибыль в 150 тыс. рублей достигается при вложении 150 тыс. рублей. Инвестор решил вложить 290 тыс. рублей в оба про-

екта. Какую сумму ему следует вложить в каждый из проектов, чтобы общая прибыль была максимальной? Найти максимальную общую прибыль.

*Решение:* Как известно, квадратичная функция

$$y = ax^2 + bx$$

свое максимальное значение на промежутке  $x \in (0, +\infty)$  принимает в вершине параболы  $x_0 = -\frac{b}{2a}$  и только при  $a < 0$  и  $b > 0$ . Тогда согласно первому из условий задачи имеем следующую систему:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} a < 0, \\ -\frac{b}{2a} = 100, \\ y(100) = 200; \end{cases} \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} a < 0, \\ b = -200a, \\ 10000a + 100b = 200; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a < 0, \\ b = -200a, \\ 100a + b = 2; \end{cases} \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} a < 0, \\ b = -200a, \\ 100a - 200a = 2; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = -\frac{1}{50}, \\ b = 4. \end{cases} \end{aligned}$$

Таким образом, для первого проекта имеем функцию

$$y = -\frac{1}{50}x^2 + 4x.$$

Аналогично, для второго проекта получаем:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} a < 0, \\ -\frac{b}{2a} = 150, \\ y(150) = 150; \end{cases} \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} a < 0, \\ b = -300a, \\ 22500a + 150b = 150; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a < 0, \\ b = -300a, \\ 150a + b = 1; \end{cases} \Leftrightarrow \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a < 0, \\ b = -150a, \\ 150a - 300a = 1; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a = -\frac{1}{150}, \\ b = 2. \end{cases}$$

Следовательно, для второго проекта квадратичная функция имеет вид

$$y = -\frac{1}{150}x^2 + 2x.$$

Пусть теперь  $t$  и  $(290 - t)$  — это те суммы, которые инвестор намерен вложить соответственно в первый и второй проекты. Тогда общая прибыль будет равна

$$\begin{aligned} y &= \left(-\frac{1}{50}t^2 + 4t\right) + \left(-\frac{1}{150}(290 - t)^2 + 2(290 - t)\right) = \\ &= -\frac{2}{75}t^2 + \frac{88}{15}t + \frac{290}{15}. \end{aligned}$$

Максимум этой функции достигается в точке

$$t_0 = \frac{88}{15} : \frac{4}{75} = 110$$

и равен  $y(110) = 342$ . Значит, в первый проект следует вложить 110 тыс. рублей, во второй — 180 тыс. рублей. Общая прибыль при этом составит 342 тыс. рублей.

Ответ: 110 тыс. рублей в первый проект, 180 тыс. рублей во второй проект; максимальная общая прибыль 342 тыс. рублей.

**Пример 9:** Предприятие производит телевизоры и является прибыльным. Известно также, что при изготовлении  $n$  телевизоров в месяц расходы предприятия на выпуск одного телевизора составляют

$$\left(\frac{40\,500}{n} + 270 - \left|90 - \frac{40\,500}{n}\right|\right) \text{ тысяч рублей,}$$

а цена реализации каждого телевизора равна  $\left(540 - \frac{3n}{10}\right)$  тыс. рублей. Определить ежемесячный объем производства, при котором может быть получена наибольшая ежемесячная прибыль.

*Решение:* Согласно условиям задачи, ежемесячная прибыль предприятия может быть задана следующей функцией:

$$\begin{aligned} f(n) &= n \left( \left( 540 - \frac{3n}{10} \right) - \left( \frac{40\,500}{n} + 270 - \left| 90 - \frac{40\,500}{n} \right| \right) \right) = \\ &= -\frac{3n^2}{10} + 270n - 40\,500 + |90n - 40\,500|. \end{aligned}$$

Если  $90n \geq 40\,500$ , то есть  $n \geq 450$ , то

$$\begin{aligned} f(n) &= -\frac{3n^2}{10} + 270n - 40\,500 + (90n - 40\,500) = \\ &= -\frac{3n^2}{10} + 360n - 81\,000. \end{aligned}$$

Максимум этой функции достигается в точке

$$n_0 = 360 : \frac{3}{5} = 600,$$

максимальное значение равно  $f(600) = 27\,000$ . Если же  $90n < 40\,500$ , то есть  $n < 450$ , имеем:

$$\begin{aligned} f(n) &= -\frac{3n^2}{10} + 270n - 40\,500 - (90n - 40\,500) = \\ &= -\frac{3n^2}{10} + 180n. \end{aligned}$$

Максимум этой функции достигается в точке

$$n_0 = 180 : \frac{3}{5} = 300,$$

максимальное значение равно  $f(300) = 27\,000$ . Таким образом, ежемесячный объем производства должен быть равен 600 либо 300 телевизорам.

Ответ: 300 или 600.

**Пример 10:** На полевых работах геологу нужно собрать образцы типов  $A$  и  $B$ . Вес одного образца типа  $A$  равен 3 кг, а типа  $B$  — 4 кг. По каждому из образцов типа  $A$  требуется провести 5 видов анализов, а по каждому из образцов типа  $B$  — 7 видов. Известно, что вес всех собранных образцов не должен превышать 149 кг, а общее число всех проведенных анализов должно быть не менее чем 249. Какое минимальное и максимальное суммарное количество образцов обоих типов можно собрать при указанных условиях?

*Решение:* Пусть  $x$  и  $y$  — количество собранных образцов типа  $A$  и  $B$  соответственно,  $t = x + y$  — суммарное количество образцов. Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} 3x + 4y \leq 149, \\ 5x + 7y \geq 249, \\ t = x + y; \end{cases} \\ \Leftrightarrow & \begin{cases} 3x + 4(t - x) \leq 149, \\ 5x + 7(t - x) \geq 249, \\ y = t - x; \end{cases} \\ \Leftrightarrow & \begin{cases} t \leq \frac{149 + x}{4}, \\ t \geq \frac{249 + 2x}{7}. \end{cases} \end{aligned}$$

На координатной плоскости  $Oxt$  изобразим множество точек, являющихся решением последней системы неравенств с учетом условия  $x > 0$  и  $t > 0$  (рисунок 1).

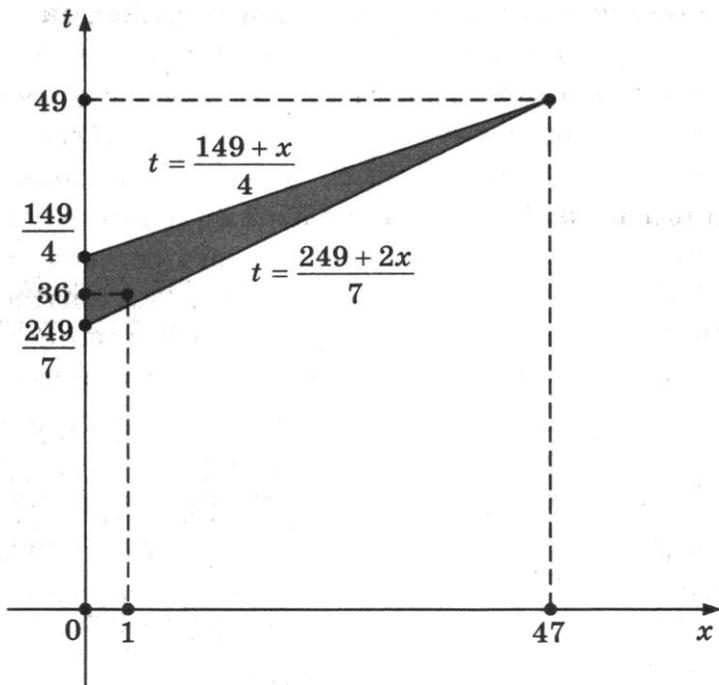


Рис. 1

Так как  $x$  и  $t$  — целые числа, то точки этого множества с наименьшей ординатой есть точки

$$(x, t) = \{(1, 36); (2, 36)\},$$

а точка с наибольшей ординатой есть точка

$$(x, t) = (47, 49).$$

Таким образом, при данных условиях можно собрать минимально 36 образцов, максимально — 49 образцов.

Ответ: 36 и 49.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Стоимость эксплуатации катера, плывущего со скоростью  $v$  км/ч, составляет  $(90 + 0,4v^2)$  рублей в час. С какой скоростью должен плыть катер, чтобы стоимость 1 км пути была наименьшей?
2. Стоимость изготовления  $n$  банок равна  $24 + 4n + n^2$ . Определить количество банок, при котором стоимость изготовления одной банки минимальна.
3. Кооперативу садоводов предлагается указать длину и ширину земельного участка прямоугольной формы, одна из сторон которого должна прилегать к шоссе. Нужно, чтобы площадь участка равнялась 150 га. Участок придется огородить забором, причем 1 погонный метр забора, прилегающий к шоссе, стоит 10 000 руб., а один погонный метр забора на трех оставшихся сторонах стоит 5000 руб. Какими должны быть стороны участка, чтобы стоимость забора была минимальной?
4. Цех получил заказ на изготовление 2000 деталей типа  $A$  и 14 000 деталей типа  $B$ . Каждый из 146 рабочих цеха затрачивает на изготовление одной детали типа  $A$  время, за которое он мог бы изготовить 2 детали типа  $B$ . Каким образом следует разделить рабочих цеха на две бригады, чтобы выполнить заказ за наименьшее время, при условии, что обе бригады приступят к работе одновременно и каждая из бригад будет занята изготовлением деталей только одного типа?
5. Инвестору предлагаются два проекта для вложения денежных средств. В каждом проекте зависимость прибыли  $y$  от вложений  $x$  определяется квадратич-

ной функцией  $y(x) = ax^2 + bx$  с коэффициентами  $a$  и  $b$ , зависящими от проекта. Известно, что при инвестировании средств только в первый проект максимальная прибыль в 250 тыс. рублей достигается при вложении 100 тыс. рублей, а при инвестировании только во второй проект максимальная прибыль в 200 тыс. рублей достигается при вложении 200 тыс. рублей. Инвестор решил вложить 240 тыс. рублей в оба проекта. Какую сумму ему следует вложить в каждый из проектов, чтобы общая прибыль была максимальной? Найти максимальную общую прибыль.

6. Одна и та же резина на передних колесах автомобиля выходит из строя через 24 000 км, а на задних — через 36 000 км. Каково максимальное расстояние, которое автомобиль может пройти на этой резине, если передние и задние колеса можно менять местами?
7. При проведении геологических исследований требуется пробурить скважины типов  $A$  и  $B$ . Каждая скважина типа  $A$  имеет глубину 70 метров, а типа  $B$  — 90 метров. Расходы на бурение одной скважины типа  $A$  составляют 500 тыс. рублей, а одной скважины типа  $B$  — 600 тыс. рублей. Суммарная глубина всех скважин должна быть не менее 3290 метров, а общие затраты на бурение всех скважин не должны превышать 22 300 тыс. рублей. Какое минимальное и максимальное суммарное количество скважин обоих типов можно пробурить при указанных условиях?
8. Предприятие производит детские велосипеды и является убыточным. Известно, что при изготовлении  $m$

велосипедов в месяц расходы предприятия на выпуск одного велосипеда составляют

$$\left( \frac{168\,000}{m} + 36 - \left| 12 - \frac{72\,000}{m} \right| \right) \text{ тыс. рублей,}$$

а цена реализации каждого велосипеда равна

$$\left( 72 - \frac{3m}{1000} \right) \text{ тыс. рублей.}$$

Определить ежемесячный объем производства, при котором ежемесячные убытки могут быть снижены до наименьшего возможного уровня.

## ГЛАВА 4

### ЗАДАЧИ НА ОПТИМИЗАЦИЮ

В некоторых задачах, связанных с экономикой, необходимо не выходя за рамки данных в условии задачи минимизировать (или максимизировать) какую-либо величину. Такие задачи сложны тем, что не имеют какого-либо единого алгоритма решения. Приходится учитывать различные факторы, а именно: целочисленность решений, их неотрицательность (или положительность) и т.д. Как правило, приходится разбирать большое количество вариантов. Тем не менее иногда для решения нужна просто хорошая идея. Рассмотрим несколько примеров.

**Пример 1:** Имеются три сплава, в состав которых входят металлы  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Первый сплав содержит 20% металла  $A$ , 30% металла  $B$ , 50% металла  $C$ . Второй сплав содержит 50% металла  $A$ , 20% металла  $B$ , 30% металла  $C$ . Третий сплав содержит 30% металла  $A$ , 40% металла  $B$ , 30% металла  $C$ . Сколько кг каждого сплава нужно взять, чтобы получить 10 кг нового сплава, который содержал бы 25% металла  $A$ , а процентное содержание металла  $B$  было бы минимально возможным?

*Решение:* Пусть  $x$ ,  $y$  и  $z$  — количество (в килограммах) соответственно первого, второго и третьего сплавов в новом сплаве. Согласно условиям задачи имеем следующую систему

$$\begin{cases} x + y + z = 10, \\ 0,2x + 0,5y + 0,3z = 2,5, \\ 0,3x + 0,2y + 0,4z = t; \end{cases}$$

при этом  $t$  должно быть минимально возможным. Преобразуем данную систему следующим образом:

$$\begin{cases} x + y + z = 10, \\ 0,2x + 0,5y + 0,3z = 2,5, \\ 0,3x + 0,2y + 0,4z = t; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x + y + z = 10, \\ 2x + 5y + 3z = 25, \\ 3x + 2y + 4z = 10t; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = 10 - y - z, \\ (20 - 2y - 2z) + 5y + 3z = 25, \\ (30 - 3y - 3z) + 2y + 4z = 10t; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 10 - y - z, \\ 3y + z = 5, \\ 30 - y + z = 10t; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = 10 - y - z, \\ y = \frac{5 - z}{3}, \\ 30 - \frac{5 - z}{3} + z = 10t; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 10 - y - z, \\ y = \frac{5 - z}{3}, \\ 85 + 4z = 30t. \end{cases}$$

Из последнего уравнения следует, что  $t$  будет минимально возможным  $\left(t = \frac{85}{30}\right)$ , если  $z = 0$ . При этом  $y = \frac{5}{3}$  и  $x = \frac{25}{3}$ . Таким образом, надо взять  $\frac{25}{3}$  кг первого сплава и  $\frac{5}{3}$  кг второго сплава.

Ответ:  $\frac{25}{3}$  кг первого сплава и  $\frac{5}{3}$  кг второго сплава.

**Пример 2:** Кандидат в депутаты за время избирательной кампании имеет право на одно бесплатное выступление в газете, а также на платные выступления по радио и телевидению. Выступление в газете увеличивает число сторонников кандидата на 1000 человек; каждое выступление по радио увеличивает количество голосов на 40% и стоит 32 тысячи рублей; каждое выступление по телевидению — на 80% и стоит 47 тысяч рублей. Опре-

делить количество и последовательность выступлений в этих средствах массовой информации, при которых кандидат получит наибольшее возможное число голосов, если на всю кампанию можно израсходовать не более 112 тысяч рублей.

*Решение:* Для любого положительного  $x$  и любого  $k > 1$  имеем

$$(x + 1000)k > xk + 1000,$$

поэтому первое выступление кандидата должно быть в газете. Далее, 112 тысяч рублей хватит либо на два выступления по радио и одно по телевидению, либо на два выступления по телевидению, все остальные варианты явно хуже. В первом случае, независимо от порядка выступления, число кандидатов увеличивается в

$$1,4 \times 1,4 \times 1,8 = 3,528 \text{ раза,}$$

во втором — в

$$1,8 \times 1,8 = 3,24 \text{ раза.}$$

Ясно, что первый вариант предпочтительнее. Итак, сначала надо выступить в газете, а затем в любом порядке два раза по радио и один по телевидению.

Ответ: Сначала выступление в газете, затем в любом порядке два раза по радио и один по телевидению.

**Пример 3:** Из строительных деталей двух видов можно собрать три типа домов. Для сборки 12-квартирного дома необходимо 70 деталей первого и 100 деталей второго вида. Для 16-квартирного дома требуется 110 и 150, а для дома на 21 квартиру нужно 150 и 200 деталей первого и второго видов соответственно. Всего имеется 900 деталей первого и 1300 деталей второго вида. Сколько и каких домов нужно собрать, чтобы общее количество квартир в них было наибольшим?

*Решение:* Пусть  $x$ ,  $y$  и  $z$  — число домов на 12, 16 и 21 квартиру соответственно. Тогда условие задачи можно сформулировать следующим образом: «Какое наибольшее значение может принять выражение

$$12x + 16y + 21z$$

при условиях, что

$$70x + 110y + 150z \leq 900$$

и

$$100x + 150y + 200z \leq 1300?»$$

Пусть  $t = 12x + 16y + 21z$ .

Имеем:

$$\begin{cases} t = 12x + 16y + 21z, \\ 70x + 110y + 150z \leq 900, \\ 100x + 150y + 200z \leq 1300; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = \frac{1}{12}(t - 16y - 21z), \\ 7x + 11y + 15z \leq 90, \\ 2x + 3y + 4z \leq 26; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = \frac{1}{12}(t - 16y - 21z), \\ 7t + 20y + 33z \leq 1080, \\ t + 2y + 3z \leq 156. \end{cases}$$

Так как числа  $y$  и  $z$  не принимают отрицательных значений и хотя бы одно из них отлично от нуля, из последнего неравенства системы следует, что  $t \leq 154$ . Пусть  $t = 154$ . Имеем:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{12}(154 - 16y - 21z), \\ 20y + 33z \leq 2, \\ 2y + 3z \leq 2. \end{cases}$$

Второе условие системы не может быть выполнено при указанных  $y$  и  $z$ . Аналогичная ситуация и при  $t = 153$  и  $t = 152$ . Пусть  $t = 151$ . Имеем:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{12}(151 - 16y - 21z), \\ 20y + 33z \leq 23, \\ 2y + 3z \leq 5. \end{cases}$$

Данной системе удовлетворяют пара чисел  $y = 1$ ,  $z = 0$ , однако  $x$  в этом случае не является целым числом. То же самое произойдет и при  $t = 150$ . Пусть теперь  $t = 149$ . Имеем:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{12}(149 - 16y - 21z), \\ 20y + 33z \leq 37, \\ 2y + 3z \leq 7. \end{cases}$$

Данной системе удовлетворяют пары чисел  $y = 1$ ,  $z = 0$  и  $y = 0$ ,  $z = 1$ , однако  $x$  снова ни в одном из случаев не является целым числом. И, наконец, если  $t = 148$ , система примет вид

$$\begin{cases} x = \frac{1}{12}(148 - 16y - 21z), \\ 20y + 33z \leq 44, \\ 2y + 3z \leq 8 \end{cases}$$

и будет иметь единственное целочисленное решение  $x = 11$ ,  $y = 1$  и  $z = 0$ .

**Замечание:** Случай  $y = z = 0$  предлагается разобрать самостоятельно.

Ответ: Один дом на 16 квартир и 11 домов на 12 квартир.

**Пример 4:** Зоопарк ежедневно распределяет 111 кг мяса между лисами, леопардами и львами. Каждой лисе полагается 2 кг мяса, леопарду — 14 кг, льву — 21 кг. Известно, что у каждого льва бывает ежедневно 230 посетителей, у каждого леопарда — 160, у каждой лисы — 20. Сколько должно быть лис, леопардов и львов в зоопарке, чтобы ежедневное число посетителей у этих животных было максимальным?

*Решение:* Пусть  $x$ ,  $y$  и  $z$  — количество лис, леопардов и львов соответственно ( $x$ ,  $y$  и  $z$  — натуральные числа, так как по предположению в зоопарке живут и лисы, и леопарды, и львы). Тогда условие задачи можно сформулировать следующим образом: «При каких натуральных  $x$ ,  $y$  и  $z$ , таких, что

$$2x + 14y + 21z = 111,$$

выражение  $20x + 160y + 230z$  принимает наибольшее значение?»

Пусть

$$t = 2x + 16y + 23z.$$

Выразив  $x$  через  $t$ ,  $y$  и  $z$  и подставив в первое уравнение, получим систему:

$$\begin{cases} (t - 16y - 23z) + 14y + 21z = 111, \\ 2x = t - 16y - 23z; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = 2y + 2z + 111, \\ 2x = t - 16y - 23z. \end{cases}$$

Значит,  $t$  максимально, когда максимально  $y + z$ . Это означает, что леопардов и львов в сумме должно быть как можно больше. Но так как леопард съедает меньше мяса, чем лев, надо брать как можно больше леопардов. При этом наибольшее возможное число леопардов — семь, иначе им не хватит на всех 111 кг мяса. Пусть  $y = 7$ . Имеем:

$$\begin{cases} t = 14 + 2z + 111, \\ 2x = t - 112 - 23z; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = 2z + 125, \\ 2x = 13 - 21z. \end{cases}$$

Так как  $2x \geq 2$ , то и  $13 - 21z \geq 2$ . Но это неравенство не имеет решений в натуральных числах, поэтому последняя система также решений не имеет. Пусть  $y = 6$ . Имеем:

$$\begin{cases} t = 12 + 2z + 111, \\ 2x = t - 96 - 23z; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = 2z + 123, \\ 2x = 27 - 21z. \end{cases}$$

Так как  $2x \geq 2$ , то и  $27 - 21z \geq 2$ . Следовательно,  $z = 1$ , поскольку  $z$  — натуральное число. Тогда решением системы служит пара чисел  $x = 3$  и  $y = 6$ . Таким образом, в зоопарке должно быть 3 лисы, 6 леопардов и 1 лев.

Ответ: 3 лисы, 6 леопардов и 1 лев.

**Пример 5:** Два одинаковых поля требуется вспахать тремя тракторами. При работе в одиночку первый трактор вспахает одно поле вдвое быстрее, чем второй, а третьему трактору на эту же работу потребуется времени на 2 часа больше, чем первому. Работая вместе, все три трактора могут вспахать одно поле за 7 часов 12 минут. Найти наименьшее время, за которое можно вспахать оба поля при условии, что все трактора начинают работу одновременно, а для переезда с одного поля на другое любому трактору требуется 40 минут.

*Решение:* Обозначим через  $x$ ,  $y$  и  $z$  соответственно производительность первого, второго и третьего тракторов, то есть ту часть (одного) поля, которую этот трактор может вспахать за один час. Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x = 3y, \\ \frac{1}{z} - 2 = \frac{1}{x}, \\ \frac{1}{x + y + z} = \frac{36}{5}. \end{cases}$$

Из последнего уравнения находим, что

$$x + y + z = \frac{5}{36} \Rightarrow 4y + z = \frac{5}{36} \Leftrightarrow z = \frac{5}{36} - 4y.$$

Подставим полученные выражения переменных  $x$  и  $z$  через  $y$  во второе уравнение системы. Имеем:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\frac{5}{36} - 4y} &= 2 + \frac{1}{3y} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \frac{36}{5 - 144y} &= \frac{1 + 6y}{3y} \Leftrightarrow 864y^2 + 222y - 5 = 0. \end{aligned}$$

Положительным корнем этого уравнения является  $y = \frac{1}{48}$ , откуда  $x = \frac{1}{16}$  и  $z = \frac{1}{18}$ . Итак, первый трактор может вспахать одно поле за 16 часов, второй — за 48 часов, третий — за 18 часов.

Оптимальная стратегия вспашки двух полей следующая. Сначала первый и второй тракторы начинают работать на первом поле, а третий — на втором поле. Через некоторое время  $t$  второй трактор (как самый медленно работающий) начинает переезжать на второе поле, а первый и третий продолжают работу. И, наконец, второй трактор, приехав на второе поле, совместно с третьим заканчивают работу. Время  $t$  подбирается таким образом, чтобы окончание работы второго и третьего тракторов совпало бы с окончанием работы первого трактора. Найдем это значение  $t$ . Для этого составим следующее уравнение:

$$\frac{1 - (x + y)t}{x} + t = t + \frac{2}{3} + \frac{1 - z\left(t + \frac{2}{3}\right)}{y + z}.$$

Здесь в левой и правой частях уравнения мы считаем время, прошедшее от начала до окончания работы со-

ответственно на первом и втором полях, в числителе первой дроби — та часть первого поля, которую необходимо вспахать первому трактору после отъезда второго; в числителе второй дроби — часть второго поля, которую необходимо вспахать совместно второму и третьему тракторам после приезда второго. Имеем:

$$\begin{aligned}
 16\left(1 - \frac{t}{12}\right) &= \frac{2}{3} + \frac{144}{11} \left(1 - \frac{t + \frac{2}{3}}{18}\right) \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow 16 - \frac{4t}{3} &= \frac{2}{3} + \frac{144}{11} \left(\frac{26}{27} - \frac{t}{18}\right) \Leftrightarrow \\
 \Leftrightarrow \frac{4t}{3} - \frac{8t}{11} &= 16 - \frac{2}{3} - \frac{416}{33} \Leftrightarrow \frac{20t}{33} = \frac{30}{11} \Leftrightarrow t = \frac{9}{2}.
 \end{aligned}$$

Подставив найденное значение  $t$  в левую (или правую) часть исходного уравнения, получим, что общее время вспашки двух полей составляет 14,5 часа.

Ответ: 14 часов 30 минут.

**Пример 6:** На покупку тетрадей в клетку и в линейку можно затратить не более 140 рублей. Тетрадь в клетку стоит 3 рубля, тетрадь в линейку — 2 рубля. При покупке число тетрадей в клетку не должно отличаться от числа тетрадей в линейку более, чем на 9. Необходимо закупить максимально возможное суммарное количество тетрадей, при этом тетрадей в линейку нужно закупить как можно меньше. Сколько тетрадей в клетку и сколько тетрадей в линейку можно закупить при указанных условиях?

*Решение:* Пусть  $x$  и  $y$  — количество закупленных тетрадей в клетку и в линейку соответственно,  $t = x + y$  — общее количество тетрадей. Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{cases} 3x + 2y \leq 140, \\ |x - y| \leq 9, \\ t = x + y; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3(t - y) + 2y \leq 140, \\ t - 2y \geq -9, \\ t - 2y \leq 9; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 6t - 2y \leq 280, \\ 2y - t \leq 9, \\ t - 2y \leq 9. \end{cases}$$

Сложив первые два неравенства, получим неравенство  $5t \leq 289$ , которое эквивалентно неравенству  $t \leq 57$ , поскольку  $t$  — целое число. Следовательно, максимально возможное значение переменной  $t$  это  $t = 57$ . При этом исходная система принимает следующий вид:

$$\begin{cases} 171 - y \leq 140, \\ 57 - 2y \geq -9, \\ 57 - 2y \leq 9; \end{cases} \Leftrightarrow 31 \leq t \leq 33.$$

Ясно, что минимально возможное значение переменной  $y$  это  $y = 31$ , при этом  $x = t - y = 26$ . Таким образом, нужно купить 26 тетрадей в клетку и 31 тетрадь в линейку.

Ответ: 26 тетрадей в клетку и 31 тетрадь в линейку.

**Пример 7:** Имеется три сплава. Первый сплав содержит 30% никеля и 70% меди, второй — 10% меди и 90% марганца, третий — 15% никеля, 25% меди и 60% марганца. Из них необходимо приготовить новый сплав, содержащий 40% марганца. Какое наименьшее и какое наибольшее количество меди может быть в этом новом сплаве?

*Решение:* Пусть  $x$ ,  $y$  и  $z$  — процентное содержание соответственно первого, второго и третьего сплавов в новом сплаве. Тогда, согласно условиям задачи,  $0,3x + 0,15z$ ;  $0,9y + 0,6z$  и  $0,7x + 0,1y + 0,25z$  — процентное содержание соответственно никеля, марганца и меди в новом

сплаве. Значит, условие задачи можно сформулировать следующим образом: «Какое наименьшее и какое наибольшее значения может принимать выражение

$$0,7x + 0,1y + 0,25z$$

при условии, что

$$0,9y + 0,6z = 40$$

и

$$x + y + z = 100?»$$

Пусть

$$0,7x + 0,1y + 0,25z = t,$$

тогда

$$14x = 20t - 2y - 5z.$$

Имеем:

$$\begin{cases} 0,9y + 0,6z = 40, \\ x + y + z = 100, \\ 14x = 20t - 2y - 5z; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 9y + 6z = 400, \\ 14x + 14y + 14z = 1400, \\ 14x = 20t - 2y - 5z; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 9y + 6z = 400, \\ 20t + 12y + 9z = 1400, \\ 14x = 20t - 2y - 5z; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 27y + 18z = 1200, \\ 18z = 2800 - 24y - 40t, \\ 14x = 20t - 2y - 5z; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 40t = 1600 + 3y, \\ 9y + 6z = 400, \\ 14x = 20t - 2y - 5z. \end{cases}$$

Из первого уравнения системы следует, что наименьшее возможное значение  $t$  достигается при  $y = 0$  и равно  $t = 40$ . При этом  $z = 66\frac{2}{3}$ , а  $x = 33\frac{1}{3}$ . С другой

стороны,  $t$  максимально, когда максимально  $y$ . Но из

второго уравнения системы вытекает, что  $y$  принимает наибольшее значение при  $z = 0$  и равно  $y = 44\frac{4}{9}$ . При этом  $t = 43\frac{1}{3}$  и  $x = 55\frac{5}{9}$ . Таким образом, в новом сплаве меди может содержаться от 40% до  $43\frac{1}{3}\%$ .

Ответ: 40% и  $43\frac{1}{3}\%$ .

**Пример 8:** В контейнер упакованы комплектующие изделия трех типов. Стоимость и вес одного изделия составляют 400 тыс. рублей и 12 кг для первого типа, 500 тыс. рублей и 16 кг для второго типа, 600 тыс. рублей и 15 кг для третьего типа. Общий вес комплектующих равен 326 кг. Определить минимальную и максимальную возможную суммарную стоимость находящихся в контейнере комплектующих изделий.

*Решение:* Обозначим через  $x$ ,  $y$  и  $z$  число деталей первого, второго и третьего типа соответственно,  $x$ ,  $y$  и  $z$  — натуральные числа. Условие задачи можно сформулировать следующим образом. «При условии

$$12x + 16y + 15z = 326$$

найти наибольшее и наименьшее значения суммарной стоимости комплектующих изделий. Обозначим ее  $100t$ . Тогда

$$100t = 100(4x + 5y + 6z)».$$

Выразив  $x$  из первого равенства и подставив во второе, получим, что

$$3t = 326 + 3z - y.$$

Найдем сначала максимально возможное значение  $t$ .

Ясно, что  $z$  надо брать как можно большим, а  $y$  как можно меньшим.

Если  $z = 20$ , а  $x = y = 1$ , то суммарный вес комплекующих будет превосходить 326 кг.

Если  $z = 19$ , то  $3t = 383 - y$ . Минимальное значение  $y$ , при котором  $t$  является целым числом, это  $y = 2$ . Однако при этих значениях  $z$  и  $y$  переменная  $x$  не принимает целочисленного значения.

Наконец, если  $z = 18$ , то  $3t = 380 - y$ , откуда  $y = 2$ ,  $t = 126$  и  $x = 2$ .

Ясно, что таким образом мы нашли максимально возможное значение переменной  $t$ .

Теперь найдем максимальное значение  $y$ , которому будет соответствовать минимальное значение  $t$ . По той же причине, что и в предыдущем доказательстве,  $y$  не может быть больше либо равен 19.

Если  $y = 18$ , то

$$3t = 3z + 308,$$

что невозможно, так как 308 не делится на 3.

Пусть  $y = 17$ , имеем

$$3t = 309 + 3z,$$

то есть

$$t = 103 + z.$$

При  $z = 1$  получаем, что

$$4x + 85 + 6 = 104 —$$

это уравнение не имеет решений в целых числах. Наконец, если  $z = 2$ , тогда  $t = 105$ ,

$$4x + 85 + 12 = 105$$

и  $x = 2$ .

Таким образом мы нашли минимальное значение  $t$ .

**Замечание:** Необходимо проверить, что  $z = 1$  не является решением ни при каких  $x$  и  $y$ , что предоставляется сделать читателю.

Ответ: 12 600 и 10 500 тыс. рублей.

**Пример 9:** Паром грузоподъемностью 109 тонн перевозит джипы и грузовики. Количество перевозимых на пароме грузовиков не менее чем на 20% превосходит количество перевозимых джипов. Вес и стоимость перевозки одного джипа составляют 3 тонны и 600 рублей, а грузовика — 5 тонн и 700 рублей соответственно. Определить наибольшую возможную суммарную стоимость перевозки всех джипов и грузовиков при данных условиях.

*Решение:* Пусть  $x$  и  $y$  — количество перевозимых на пароме джипов и грузовиков соответственно. Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{cases} 3x + 5y \leq 109, \\ y \geq 1,2x, \\ 600x + 700y = 100t; \end{cases}$$

где  $100t$  — суммарная стоимость перевозки всех джипов и грузовиков, которую надо сделать максимальной. Исключая из системы переменную  $x$ , получаем:

$$\begin{cases} x = \frac{t - 7y}{6}, \\ \frac{t - 7y}{2} + 5y \leq 109, \Leftrightarrow \\ y \geq \frac{t - 7y}{5}; \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} y \leq \frac{218 - t}{3}, \\ y \geq \frac{t}{12}; \end{cases} \Rightarrow \frac{t}{12} \leq \frac{218 - t}{3} \Leftrightarrow t \leq 174,4.$$

Так как  $t$  — целое число, получаем, что  $t \leq 174$ . Пусть  $t = 174$ . Имеем:

$$\begin{cases} y \leq \frac{44}{3}, \\ y \geq \frac{174}{12}. \end{cases}$$

нет целых решений. Если  $t = 173$ , получаем

$$\begin{cases} y \leq 15, \\ y \geq \frac{173}{12}; \end{cases} \Rightarrow y = 15 \Rightarrow x = \frac{68}{6}.$$

не является целым числом. При  $t = 172$  имеем

$$\begin{cases} y \leq \frac{46}{3}, \\ y \geq \frac{172}{12}; \end{cases} \Rightarrow y = 15 \Rightarrow x = \frac{67}{6}.$$

не является целым числом. И, наконец, если  $t = 171$ , получаем

$$\begin{cases} y \leq \frac{47}{3}, \\ y \geq \frac{172}{12}; \end{cases} \Rightarrow y = 15 \Rightarrow x = 11.$$

Таким образом, ответом к задаче будет служить сумма  $100t = 17\ 100$  рублей.

Ответ: 17 100 рублей.

**Пример 10:** С завода на стройку нужно перевезти 24 больших и 510 маленьких бетонных блоков. Доставка блоков осуществляется автомашинами, каждая из которых вмещает в себя 44 маленьких блока и имеет грузоподъемность 10 тонн. Вес маленького блока — 0,2 тонны, большой блок весит 3,6 тонны и занимает место 14 маленьких. Найти минимальное число рейсов, достаточное для перевозки всех блоков.

*Решение:* Покажем сначала, как все блоки можно перевезти за 20 рейсов. Сначала грузим в машину один большой и 30 маленьких блоков, и делаем таких 16 рейсов. По объему это как раз составляет 44 маленьких блока, а по весу —

$$3,6 + 30 \cdot 0,2 = 9,6$$

тонны за один рейс. После этого у нас остается 8 больших и 30 маленьких блоков, и мы их перевозим за 4 рейса следующим образом. В машину грузим по 2 больших и 8 маленьких блоков (последние два рейса — по 7 маленьких блоков). По объему это составляет

$$28 + 8 = 36 \text{ маленьких блоков,}$$

а по весу —

$$2 \cdot 3,6 + 8 \cdot 0,2 = 8,8 \text{ тонны}$$

за каждый рейс (меньше за последние два рейса).

Теперь докажем, что все блоки нельзя перевезти за 19 рейсов. Действительно, суммарный объем всех блоков равен

$$24 \cdot 14 + 510 = 846 \text{ маленьких блоков,}$$

а в 19 машин можно погрузить максимум

$$19 \cdot 44 = 836 \text{ маленьких блоков.}$$

Таким образом, минимальное число рейсов, достаточное для перевозки всех блоков, равно 20.

Ответ: 20 рейсов.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Имеются три сплава, в состав которых входят металлы *A*, *B* и *C*. Первый сплав содержит 30% металла *A*, 50% металла *B*, 20% металла *C*. Второй сплав содержит 30% металла *A*, 30% металла *B*, 40% металла *C*. Третий сплав содержит 50% металла *A*, 20% металла *B*, 30% металла *C*. Сколько килограммов каждого сплава нужно взять, чтобы получить 15 килограммов нового сплава, который содержал бы 40% металла *B*, а процентное содержание металла *C* было бы минимально возможным?

2. Тремя сеялками нужно засеять пшеницей два одинаковых поля. При работе в одиночку третья сеялка засеет одно поле втрое быстрее, чем вторая. Вторая и третья сеялки, работая вместе, засеют одно поле на 5 часов быстрее, чем первая сеялка при работе в одиночку. Все три сеялки при совместной работе засеют одно поле за 6 часов. Найти наименьшее время, за которое можно засеять оба поля при условии, что все сеялки начинают работу одновременно, а для переезда с одного поля на другое любой сеялке требуется 1 час 20 минут.
3. Из строительных деталей двух видов можно собрать три типа домов. Для сборки 6-квартирного дома необходимо 30 деталей первого и 40 деталей второго вида. Для 10-квартирного дома требуется 40 и 60, а для дома на 14 квартир нужно 90 и 120 деталей первого и второго видов соответственно. Всего имеется 600 деталей первого и 800 деталей второго вида. Сколько и каких домов нужно собрать, чтобы общее количество квартир в них было наибольшим?
4. В контейнер упакованы комплектующие изделия двух типов. Стоимость и вес одного изделия составляют 400 тысяч рублей и 12 килограммов для первого типа и 600 тысяч рублей и 15 килограммов для второго типа. Общий вес комплектующих равен 321 килограмму. Определить минимальную и максимальную возможные суммарные стоимости находящихся в контейнере комплектующих изделий.
5. Школа хочет приобрести наборы учебных пособий трех видов на сумму 22 000 рублей, при этом должны быть куплены наборы всех трех видов и истрачена вся сумма. Набор из 5 пособий стоит 500 рублей, набор из 19 пособий — 1800 рублей, набор из

16 пособий — 1500 рублей. Сколько наборов каждого типа следует купить, чтобы общее количество купленных пособий было наибольшим при заданных условиях?

6. В профком поступили путевки трех типов на отдых в санатории. Одна путевка первого типа стоит 4 тысячи рублей, одна путевка второго типа — 6 тысяч рублей, одна путевка третьего типа — 9 тысяч рублей. По путевке первого типа можно отдыхать 8 дней, по путевке второго типа — 14 дней, по путевке третьего типа — 20 дней. Сколько путевок каждого типа надо купить, чтобы общее число дней отдыха было наибольшим, а сумма, израсходованная на приобретение всех путевок, составляла 100 тысяч рублей?
7. Детский сад хочет приобрести на сумму 2200 рублей наборы конфет. Наборы одного типа стоят 50 рублей (в каждой коробке 10 конфет), наборы другого типа — 180 рублей (в каждой коробке 38 конфет), наборы третьего типа — 150 рублей (в каждой коробке 32 конфеты). Сколько коробок каждого типа должен купить детский сад, чтобы общее число купленных конфет было максимальным?
8. В магазине продаются гвоздики и розы. Гвоздика стоит 30 рублей, роза — 40 рублей. На покупку гвоздик и роз можно потратить не более 710 рублей. При покупке число гвоздик не должно отличаться от числа роз более чем на 6. Необходимо купить максимально возможное суммарное количество цветов. Сколько гвоздик и сколько роз можно купить при указанных условиях?

9. Из пункта *A* в пункт *B* по железной дороге нужно перевезти 20 больших и 250 малых контейнеров. Один вагон вмещает 30 малых контейнеров, вес каждого из которых 2 тонны. Большой контейнер занимает место 9 малых и весит 30 тонн. Грузоподъемность вагона равна 80 тонн. Найти минимальное число вагонов, достаточное для перевозки всех контейнеров.
10. Автофургон грузоподъемностью 339 кг перевозит ящики с виноградом и яблоками. Вес и стоимость одного ящика с виноградом составляют 15 кг и 10 условных единиц, ящика с яблоками — 27 кг и 8 условных единиц соответственно. Известно, что количество загруженных на автофургон ящиков с виноградом составляет не более 70% от количества загруженных ящиков с яблоками. Определить наибольшую возможную суммарную стоимость всех ящиков с виноградом и яблоками, перевозимых автофургоном при данных условиях.

## ГЛАВА 5

### СПЕЦИФИКА ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ

В данной главе будут разобраны задачи, при решении которых используются различные свойства целых чисел, такие как делимость, возможность конечного перебора чисел, заключенных в интервал, и другие. Более подробно с задачами такого типа можно ознакомиться в книге того же автора «Задание 19. Решение задач и уравнений в целых числах». Мы же разберем несколько примеров, имеющих экономический уклон.

**Пример 1:** В школьной газете сообщается, что процент учеников некоторого класса, повысивших во втором полугодии свою успеваемость, заключен в пределах от 2,9% до 3,1%. Определить минимально возможное число учеников в таком классе.

*Решение:* Пусть  $x$  — число учеников в классе. Ясно, что  $x$  будет минимальным, если минимально число учеников, повысивших во втором полугодии свою успеваемость. Пусть это будет один ученик. Число 1 от числа  $x$  составляет  $\frac{1}{x} \cdot 100\%$ . Согласно условию задачи имеем:

$$2,9\% \leq \frac{1}{x} \cdot 100\% \leq 3,1\% \Leftrightarrow \frac{100}{3,1} \leq x \leq \frac{100}{2,9}.$$

Только два целых числа  $x$  удовлетворяют полученным неравенствам: это  $x = 33$  и  $x = 34$ . Ясно, что меньшее среди них — это  $x = 33$ .

**Замечание:** Если бы полученный промежуток не содержал целых чисел, необходимо было рассмотреть случай  $x = 2$ , и т.д.

Ответ: 33.

**Пример 2:** Брокерская фирма выставила на торги акции двух компаний: нефтяной компании — по 100 долларов за акцию и газовой компании — по 65 долларов 60 центов за акцию. Общая сумма выручки оказалась равной 13 120 долларам.

Найти сумму выручки, полученной за акции газовой компании.

*Решение:* Пусть  $x$  и  $y$  — количество проданных акций нефтяной и газовой компаний соответственно. Согласно условию задачи имеем:

$$100x + 65,6y = 13\ 120.$$

Поделив обе части равенства на 65,6, получим

$$100x + 65,6y = 13\ 120 \Leftrightarrow \frac{125}{82}x + y = 200.$$

Так как число  $\frac{125}{82}x$  является целым, а числа 125 и 82 взаимно простые, то  $x$  должно делиться на 82 без остатка. Следовательно,  $x = 82$ , так как иначе число

$$y = 200 - \frac{125}{82}x$$

будет отрицательным. Таким образом, выручка от продажи акций газовой компании составляет

$$65,6y = 13\ 120 - 100x = 4920 \text{ долларов.}$$

Ответ: 4920 долларов.

**Пример 3:** В первый день у Васи было денег на 30 рублей больше, чем у Пети. Вася внес на покупку книг  $\frac{1}{n}$  часть своих денег, а Петя —  $\frac{1}{2}$  часть своих денег, при этом Петя внес на 20 рублей больше Васи. На второй день мальчики пошли в магазин за тетрадами.

На этот раз у Васи было на 60 рублей больше, чем у Пети. На покупку тетрадей Вася снова внес  $\frac{1}{n}$  часть своих денег, а Петя внес  $\frac{1}{4}$  часть своих денег, при этом Вася внес на 40 рублей больше Пети. Сколько денег было у Пети в первый и второй день, если известно, что  $n$  — целое число? При каких  $n$  задача имеет решение?

*Решение:* Пусть в первый и второй день у Пети было соответственно  $x$  и  $y$  рублей, тогда у Васи — соответственно  $x + 30$  и  $y + 60$  рублей. Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{x}{2} - \frac{x+30}{n} = 20, \\ \frac{y+60}{n} - \frac{y}{4} = 40; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} xn - 2x - 60 = 40n, \\ 4y + 240 - yn = 160n; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = \frac{40n + 60}{n - 2}, \\ y = \frac{240 - 160n}{n - 4}. \end{cases}$$

Так как  $x$  и  $y$  — положительные числа, имеем следующую систему неравенств:

$$\begin{cases} \frac{40n + 60}{n - 2} > 0, \\ \frac{240 - 160n}{n - 4} > 0; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} n \in \left(-\infty, -\frac{3}{2}\right) \cup (2, +\infty), \\ n \in \left(\frac{3}{2}, 4\right); \end{cases} \Leftrightarrow n \in (2, 4).$$

Так как  $n$  — целое число, то  $n = 3$ , при этом  $x = 180$  и  $y = 240$ .

Ответ: 180 рублей и 240 рублей,  $n = 3$ .

**Пример 4:** За время хранения вклада в банке проценты по нему начислялись ежемесячно сначала в размере 5%, затем 12%, потом  $11\frac{1}{9}\%$  и, наконец, 12,5% в месяц. Известно, что под действием каждой новой процентной ставки вклад находился целое число месяцев, а по истечении срока хранения первоначальная сумма вклада увеличилась на  $104\frac{1}{6}\%$ . Определите срок хранения вклада.

*Решение:* Пусть  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и  $t$  — число месяцев, которое вклад находился под действием каждой из перечисленных процентных ставок соответственно. Имеем уравнение:

$$\left(1 + \frac{5}{100}\right)^x \cdot \left(1 + \frac{12}{100}\right)^y \cdot \left(1 + \frac{11\frac{1}{9}}{100}\right)^z \cdot \left(1 + \frac{12,5}{100}\right)^t = \left(1 + \frac{104\frac{1}{6}}{100}\right)$$

или, после преобразований,

$$\left(\frac{21}{20}\right)^x \cdot \left(\frac{28}{25}\right)^y \cdot \left(\frac{10}{9}\right)^z \cdot \left(\frac{9}{8}\right)^t = \frac{49}{24} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 2^{2y+z+3} \cdot 3^{x+2t+1} \cdot 5^z \cdot 7^{x+y} = 2^{2x+3t} \cdot 3^{2z} \cdot 5^{x+2y} \cdot 7^2.$$

Используя теорему об единственности разложения любого натурального числа на простые множители, получим систему:

$$\begin{cases} 2y + z + 3 = 2x + 3t \\ x + 2t + 1 = 2z \\ z = x + 2y \\ x + y = 2. \end{cases}$$

Так как  $x$  и  $y$  — натуральные числа, из последнего уравнения немедленно следует, что  $x = y = 1$ . Далее не

составляет труда найти, что  $z = 3$  и  $t = 2$ . Таким образом, общее число месяцев, которое вклад находился в банке, есть

$$x + y + z + t = 7.$$

Ответ: 7 месяцев.

**Пример 5:** Каждый из трех брокеров имел в начале дня акции каждого из видов  $A$  и  $B$  общим числом 11, 21 и 29 штук соответственно. Цены на акции в течение всего дня не менялись, причем цена одной акции вида  $A$  больше цены одной акции вида  $B$ . К концу дня брокерам удалось продать все свои акции, выручив от продажи по 4402 рубля каждый. Определить цену продажи одной акции видов  $A$  и  $B$ .

*Решение:* Обозначим через  $x, y, z$  количество акций вида  $A$  в начале дня у первого, второго и третьего брокеров соответственно, а через  $p$  и  $q$  — цены на акции видов  $A$  и  $B$  ( $p > q$ ). Согласно условиям задачи имеем следующую систему:

$$\begin{cases} px + q(11 - x) = 4402 \\ py + q(21 - y) = 4402 \\ pz + q(29 - z) = 4402 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} (p - q)x + 11q = 4402 \\ (p - q)y + 21q = 4402 \\ (p - q)z + 29q = 4402. \end{cases}$$

Вычтем третье уравнение из первого и третье из второго. Имеем:

$$\begin{cases} (p - q)(x - z) = 18q \\ (p - q)(y - z) = 8q \end{cases} \Rightarrow 4(x - z) = 9(y - z).$$

Последнее равенство было получено делением двух уравнений с одновременным выполнением условий

$$p > q > 0, x - z > 0, y - z > 0.$$

Далее, так как

$$1 \leq x \leq 10 \text{ и } z \geq 1,$$

то

$$x - z = 9$$

(поскольку из полученного равенства следует, что  $x - z$  делится на 9) и, значит,  $x = 10$  и  $z = 1$ . Тогда

$$y - z = 4 \text{ и } y = 5.$$

Возвращаясь к исходной системе, находим, что  $p = 426$  и  $q = 142$ .

Ответ: 426 рублей и 142 рубля.

### Задачи для самостоятельного решения

1. При подведении итогов соревнования вычислено, что процент числа членов бригады, перевыполнивших план, заключен в пределах от 92,5% до 93,5%. Определить минимально возможное число членов этой бригады.
2. Техническая реконструкция предприятия была проведена в четыре этапа. Каждый из этапов продолжался целое число месяцев и сопровождался падением производства. Ежемесячное падение производства составило на первом этапе 4%, на втором —  $6\frac{2}{3}\%$ , на третьем —  $6\frac{1}{4}\%$  и на четвертом —  $\frac{100}{7}\%$  в месяц. По окончании реконструкции первоначальный объем производства на предприятии сократился на 37%. Определить продолжительность периода реконструкции.

3. Компания предложила 350 своим служащим выполнить сверхурочную работу, причем каждому мужчине предлагалось в виде вознаграждения 20 долларов, а каждой женщине — 16 долларов 30 центов. Все женщины согласились с этим предложением, а часть мужчин отказалась. Общая сумма выплаченного вознаграждения составила 5705 долларов. Какова сумма вознаграждения, выплаченного всем женщинам?
4. Три фермера отправились на ярмарку для продажи баранов. Первый привел 10 голов, второй — 16, третий — 26 голов. Каждый продал часть своих баранов (не менее одного, но не всех) в течение первого дня, при этом все они продавали по одной цене, которая не менялась в продолжение всего первого дня. На второй день цена на баранов упала, и фермеры, опасаясь дальнейшего понижения цены, продали остальных баранов опять по одинаковой цене. По какой цене продавались бараны в первый и второй день, если каждый из фермеров выручил от продажи 3500 рублей?
5. На первом складе сахара было на 16 тонн больше, чем соли. За день с первого склада вывезли  $\frac{1}{m}$  часть сахара и  $\frac{1}{3}$  часть соли, причем сахара вывезли на 2 тонны больше, чем соли. На втором складе соли было на 4 тонны больше, чем сахара. За день со второго склада также вывезли  $\frac{1}{m}$  часть сахара и  $\frac{1}{5}$  часть соли, причем сахара вывезли на 3 тонны больше, чем соли. Сколько соли было на первом и втором складах, если известно, что  $m$  — целое число? При каких  $m$  задача имеет решение?

## ГЛАВА 6

### ДРУГИЕ ЗАДАЧИ

В данной главе будут разобраны несколько задач экономической тематики, не вошедшие в предыдущие главы.

**Пример 1:** Три предприятия  $A$ ,  $B$  и  $C$  на паритетных (равных) началах прокладывают необходимую им шоссейную дорогу длиной 16 километров. Предприятие  $A$  взяло на себя прокладку 10 километров дороги, предприятие  $B$  — остальных 6 километров, а предприятие  $C$  внесло свою долю деньгами, уплатив 16 миллионов рублей (третью часть стоимости дороги). Как эти деньги нужно распределить между предприятиями  $A$  и  $B$ ?

*Решение:* Пусть прокладка 1 километра дороги стоит  $x$  миллионов рублей. Тогда стоимость прокладки всей дороги равна  $16x$  миллионов рублей и равна 48 миллионам рублей (так как каждое предприятие должно внести треть всей суммы). Значит,  $x = 3$ , предприятие  $A$  затратило на прокладку своей части дороги 30 миллионов рублей, предприятие  $B$  — 18 миллионов рублей. Следовательно, предприятие  $C$  должно заплатить предприятию  $A$  14 миллионов рублей, а предприятию  $B$  — 2 миллиона рублей.

Ответ: 14 миллионов рублей для  $A$  и 2 миллиона рублей для  $B$ .

**Пример 2:** В двух банках в конце года на каждый счет начисляется прибыль: в первом банке — 60% к текущей сумме на счете, во втором — 40%. Вкладчик в начале года часть имеющихся у него денег положил в пер-

вый банк, а остальные деньги — во второй банк, с таким расчетом, чтобы через два года суммарное количество денег на обоих счетах удвоилось. Какую долю денег вкладчик положил в первый банк?

*Решение:* Пусть вкладчик положил  $x$  условных единиц в первый банк и  $y$  условных единиц во второй банк. Тогда через два года на счете в первом банке он будет иметь

$$1,6^2 \cdot x = 2,56x;$$

во втором банке —

$$1,4^2 \cdot y = 1,96y.$$

Согласно условию задачи имеем следующее уравнение:

$$2,56x + 1,96y = 2(x + y) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0,56x = 0,04y \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 14x = y.$$

Следовательно, вкладчик положил в первый банк  $\frac{1}{15}$  всех денег.

Ответ:  $\frac{1}{15}$ .

**Пример 3:** Банк планирует вложить на 1 год 40% имеющихся у него средств клиентов в проект X, а остальные 60% — в проект Y. Проект X может принести прибыль в размере от 19% до 24% годовых, а проект Y — от 29% до 34% годовых. В конце года банк обязан вернуть деньги клиентам и выплатить им проценты по заранее установленной ставке. Определить наименьший и наибольший возможные уровни процентной ставки по вкладам, при которых чистая прибыль банка составит не менее 10% и не более 15% годовых от суммарных вложений в проекты X и Y.

*Решение:* Пусть  $S$  — объем суммарных вложений в оба проекта. По условию задачи к концу года прибыли  $p_X$  и  $p_Y$  от вложений в проекты  $X$  и  $Y$  будут находиться в пределах

$$\frac{19}{100} \cdot \frac{40}{100} S \leq p_X \leq \frac{24}{100} \cdot \frac{40}{100} S$$

и

$$\frac{29}{100} \cdot \frac{60}{100} S \leq p_Y \leq \frac{34}{100} \cdot \frac{60}{100} S,$$

а чистая прибыль банка  $p$  — в рамках

$$\frac{10}{100} S \leq p \leq \frac{15}{100} S.$$

При этом часть прибыли, подлежащая возврату клиентам, составит в процентном выражении

$$q = \frac{p_X + p_Y - p}{S} \cdot 100\%.$$

Используя приведенные выше неравенства, оценим  $q$ :

$$q \leq 24 \cdot \frac{40}{100} + 34 \cdot \frac{60}{100} - 10 = 20$$

и

$$q \geq 19 \cdot \frac{40}{100} + 29 \cdot \frac{60}{100} - 15 = 10.$$

Итак, величина  $q$  находится в пределах от 10% до 20%.

Ответ: 10% и 20%.

**Пример 4:** Известно, что вклад, находящийся в банке с начала года, возрастает к концу года на определенный процент (свой для каждого банка). В начале года

$\frac{5}{6}$  некоторого количества денег положили в первый банк, а оставшуюся часть — во второй банк. К концу года сумма этих вкладов стала равна 670 денежным единицам, к концу следующего года — 749 денежным единицам. Было подсчитано, что если бы первоначально  $\frac{5}{6}$  исходного количества денег положили во второй банк, а оставшуюся часть — в первый банк, то по истечении одного года сумма вкладов в эти банки стала бы равна 710 денежным единицам. В предположении, что исходное количество денег первоначально целиком положено в первый банк, определить величину вклада по истечении двух лет.

*Решение:* Обозначим через  $x$  исходную сумму денежных единиц,  $p\%$  и  $q\%$  — проценты годовых в первом и втором банке соответственно. Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{5x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right) + \frac{x}{6} \left(1 + \frac{q}{100}\right) = 670, \\ \frac{5x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^2 + \frac{x}{6} \left(1 + \frac{q}{100}\right)^2 = 749, \\ \frac{x}{6} \left(1 + \frac{p}{100}\right) + \frac{5x}{6} \left(1 + \frac{q}{100}\right) = 710. \end{cases}$$

Из первого и третьего уравнений системы находим, что

$$x \left(1 + \frac{p}{100}\right) = 660$$

и

$$x \left(1 + \frac{q}{100}\right) = 720.$$

Отсюда

$$1 + \frac{p}{100} = \frac{660}{x}$$

и

$$1 + \frac{q}{100} = \frac{720}{x}.$$

Используя данные равенства и второе уравнение системы, получаем, что

$$\frac{5x}{6} \left( \frac{660}{x} \right)^2 + \frac{x}{6} \left( \frac{720}{x} \right)^2 = 749 \Leftrightarrow x = 600.$$

Это означает, что

$$1 + \frac{p}{100} = \frac{660}{600} = 1,1$$

и

$$x \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^2 = 726.$$

Ответ: 726 денежных единиц.

**Пример 5:** Имеются три пакета акций. Суммарное количество акций первых двух пакетов совпадает с количеством акций в третьем пакете. Первый пакет в 4 раза дешевле второго, а суммарная стоимость первого и второго пакетов совпадает со стоимостью третьего пакета. Одна акция из второго пакета дороже одной акции из первого пакета на величину, заключенную в пределах от 16 тысяч рублей до 20 тысяч рублей, а цена одной акции из третьего пакета не меньше 42 тысяч рублей и не больше 60 тысяч рублей. Определить, какой наименьший и наибольший процент от общего количества акций может содержаться в первом пакете.

*Решение:* Обозначим через  $x$ ,  $y$  и  $x + y$  соответственно количество акций в первом, втором и третьем пакетах. Пусть также  $S$  — стоимость первого пакета, тогда

второй пакет стоит  $4S$ , а третий —  $5S$ . Согласно условиям задачи имеем систему неравенств:

$$\begin{cases} 16 \leq \frac{4S}{y} - \frac{S}{x} \leq 20, \\ 42 \leq \frac{5S}{x+y} \leq 60; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 16 \leq \frac{4S}{y} - \frac{S}{x} \leq 20, \\ \frac{1}{12} \leq \frac{x}{S} + \frac{y}{S} \leq \frac{5}{42}. \end{cases}$$

Пусть  $\frac{S}{x} = t$ ,  $\frac{x}{y} = k$ , тогда  $\frac{S}{y} = kt$ . Имеем:

$$\begin{cases} 16 \leq (4k-1)t \leq 20, \\ \frac{1}{12} \leq \frac{1}{t} + \frac{1}{kt} \leq \frac{5}{42}; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{16}{4k-1} \leq t \leq \frac{20}{4k-1}, \\ \frac{42(k+1)}{5k} \leq t \leq \frac{12(k+1)}{k}. \end{cases}$$

Воспользуемся далее очевидным утверждением: при любых  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  эквивалентны следующие системы неравенств:

$$\begin{cases} a \leq t \leq b, \\ c \leq t \leq d; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a \leq t \leq d, \\ c \leq t \leq b. \end{cases}$$

Используя это утверждение, получаем, что

$$\begin{aligned} & \begin{cases} \frac{16}{4k-1} \leq t \leq \frac{20}{4k-1}, \\ \frac{42(k+1)}{5k} \leq t \leq \frac{12(k+1)}{k}; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{16}{4k-1} \leq t \leq \frac{12(k+1)}{k}, \\ \frac{42(k+1)}{5k} \leq t \leq \frac{20}{4k-1}; \end{cases} \Leftrightarrow \\ & \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{16}{4k-1} \leq \frac{12(k+1)}{k}, \\ \frac{42(k+1)}{5k} \leq \frac{20}{4k-1}; \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 16k \leq 12(k+1)(4k-1), \\ 42(k+1)(4k-1) \leq 100k; \end{cases} \Leftrightarrow \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 12k^2 + 5k - 3 \geq 0, \\ 84k^2 + 13k - 21 \leq 0; \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} k \in \left(-\infty, -\frac{3}{4}\right] \cup \left[\frac{1}{3}, +\infty\right), \\ -\frac{7}{12} \leq k \leq \frac{3}{7}; \end{cases} \Leftrightarrow \frac{1}{3} \leq k \leq \frac{3}{7}.$$

Таким образом,

$$\frac{1}{3} \leq \frac{x}{y} \leq \frac{3}{7} \Leftrightarrow \frac{7}{3} \leq \frac{y}{x} \leq 3 \Leftrightarrow \frac{10}{3} \leq \frac{y}{x} + 1 \leq 4 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{10}{3} \leq \frac{x+y}{x} \leq 4 \Leftrightarrow \frac{1}{4} \leq \frac{x}{x+y} \leq \frac{3}{10} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{8} \leq \frac{x}{2(x+y)} \leq \frac{3}{20}.$$

Следовательно, в первом пакете может содержаться от 12,5% до 15% от общего количества акций.

Ответ: 12,5% и 15%.

**Пример 6:** Акционерное общество продало населению 1000 своих акций, установив скидку 10% на каждую десятую продаваемую акцию и 25% на каждую тринадцатую продаваемую акцию. В случае если на одну акцию выпадают обе скидки, то применяется бóльшая из них. Определить сумму, вырученную от продажи всех акций, если цена акции составляет 1000 рублей.

*Решение:* Подсчитаем общий размер скидок, сделанных акционерным обществом. Скидка в размере 10% составляет 100 руб. и применяется к 100 акциям, значит,

$$100 \times 100 = 10\,000 \text{ рублей.}$$

Так как

$$\frac{1000}{13} = 76 \frac{12}{13},$$

то скидка в размере 250 рублей применяется к 76 акциям и дает сумму 19 000 руб. Кроме этого, каждая 130-я акция выбывает из первого списка, так как на нее установлена скидка 25%. Таких акций 7, поскольку

$$\frac{1000}{130} = 7 \frac{9}{13},$$

поэтому из общей суммы скидок мы должны вычесть 700 рублей. Следовательно, общая сумма скидок равна

$$10\ 000 + 19\ 000 - 700 = 28\ 300 \text{ руб.}$$

Значит, сумма, вырученная от продажи всех акций, равна

$$1\ 000\ 000 - 28\ 300 = 971\ 700 \text{ рублей.}$$

Ответ: 971 700 рублей.

**Пример 7:** На собрании акционеров было принято решение увеличить прибыль предприятия за счет расширения ассортимента выпускаемой продукции. Экономический анализ показал, что дополнительные доходы, приходящиеся на каждый вид новой продукции, оказываются равными 75 млн рублей, дополнительные расходы при освоении первого вида новой продукции составляют 13 млн рублей, а освоение каждого последующего вида требует на 7 млн рублей расходов больше, чем освоение предыдущего вида. Очередной вид продукции принимается к производству при условии, что он принесет прибыль. Верно ли, что в результате решения акционеров:

1) предприятие может освоить более 11 видов новой продукции?

2) предприятие может освоить менее 9 видов новой продукции?

3) возможный наибольший прирост прибыли составит менее 310 млн рублей?

4) возможный наименьший прирост прибыли составит более 65 млн рублей?

*Решение:* Расходы на освоение  $n$ -го нового вида продукции вычисляются по формуле

$$S_n = 13 + 7(n - 1) = 6 + 7n .$$

Тогда, согласно условию задачи, должно быть выполнено неравенство

$$6 + 7n < 75,$$

откуда  $n \leq 9$ .

Поэтому утверждение 1 является неверным, а утверждение 2 — верным. Наибольшая прибыль будет получена при освоении 9 новых видов продукции и составит

$$75 \times 9 - (6 \times 9 + 7(1 + 2 + \dots + 9)) = 306 \text{ миллионов рублей.}$$

Наименьшая прибыль (при освоении только одного нового вида) составит

$$75 - 13 = 62 \text{ миллиона рублей.}$$

Таким образом, утверждение 3 верно, а утверждение 4 — нет.

Ответ: 1) нет; 2) да; 3) да; 4) нет.

**Пример 8:** По итогам года средняя (т.е. в расчете на одно предприятие) прибыль по отрасли составила 2 миллиарда рублей, хотя часть предприятий работала в убыток. Для каждого из перечисленных ниже утверждений выяснить, всегда ли оно верно или может быть как верным, так и неверным.

1) Количество прибыльных предприятий превосходит количество убыточных;

2) суммарная прибыль всех прибыльных предприятий больше 4 миллиардов рублей;

3) наибольшая величина прибыли среди всех предприятий больше 2 миллиардов рублей;

4) средняя прибыль по всем прибыльным предприятиям больше среднего убытка по всем убыточным предприятиям.

*Решение:* Утверждение 1 верно не всегда. В качестве примера можно взять три предприятия, одно из которых приносит прибыль 8 миллиардов рублей, а два других — убыток по 1 миллиарду рублей каждое. Докажем, что утверждение 2 верно всегда. Обозначим через  $S_1$  суммарную прибыль всех прибыльных предприятий,  $S_2$  — суммарный убыток всех убыточных предприятий,  $n$  — количество всех предприятий. Согласно условию задачи имеем:

$$\frac{S_1 - S_2}{n} = 2 \Leftrightarrow S_1 = S_2 + 2n > 4,$$

так как  $S_2 > 0$  и  $n \geq 2$ .

Докажем, что утверждение 3 также всегда верно. Обозначим, в дополнение к пункту 2, число прибыльных предприятий через  $k$  и предположим, что каждое такое предприятие приносит прибыль, не превосходящую 2 миллиардов рублей. Имеем:

$$\begin{aligned} 2 &= \frac{S_1 - S_2}{n} \leq \frac{2k - S_2}{n} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{2k - S_2}{n} &\geq 2 \Leftrightarrow 2k \geq 2n + S_2, \end{aligned}$$

что невозможно, так как  $k < n$ , а  $S_2 > 0$ . Утверждение 4, как и утверждение 1, верно не всегда. В качестве примера возьмем 11 предприятий, 10 из которых приносят

прибыль по 3 миллиарда рублей каждое, а одиннадцатое — убыток 8 миллиардов рублей.

Ответ: Утверждения 2 и 3 верны всегда, а 1 и 4 — не всегда.

**Пример 9:** Два вкладчика вложили деньги в общее дело. После этого один из них добавил еще 1 миллион рублей, в результате чего его доля в общем деле увеличилась на 0,05, а когда он добавил еще 1 миллион рублей, его доля увеличилась еще на 0,04. Сколько денег ему нужно добавить еще, чтобы увеличить свою долю еще на 0,06?

*Решение:* Обозначим через  $x$  и  $y$  те суммы, которые первоначально вложили вкладчики в общее дело. Согласно условиям задачи имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{x+1}{x+y+1} - \frac{x}{x+y} = 0,05; \\ \frac{x+2}{x+y+2} - \frac{x}{x+y} = 0,09; \end{cases} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{(x+1)(x+y) - x(x+y+1)}{(x+y+1)(x+y)} = 0,05; \\ \frac{(x+2)(x+y) - x(x+y+2)}{(x+y+2)(x+y)} = 0,09; \end{cases} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{y}{(x+y+1)(x+y)} = 0,05; \\ \frac{2y}{(x+y+2)(x+y)} = 0,09. \end{cases}$$

Разделив первое из полученных равенств на второе, получим, что

$$\frac{x+y+2}{2(x+y+1)} = \frac{5}{9} \Leftrightarrow$$
$$\Leftrightarrow 9x + 9y + 18 = 10x + 10y + 10 \Leftrightarrow x = 8 - y.$$

Подставим полученное выражение в первое уравнение последней системы. Имеем:

$$\frac{y}{72} = 0,05 \Leftrightarrow y = 3,6 \Rightarrow x = 4,4.$$

Обозначим теперь через  $z$  ту сумму, которую необходимо добавить первому вкладчику, чтобы его доля увеличилась еще на 0,06. Имеем:

$$\begin{aligned} \frac{x + 2 + z}{x + y + 2 + z} &= \frac{x}{x + y} + 0,15 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \frac{6,4 + z}{10 + z} &= \frac{4,4}{8} + 0,15 \Leftrightarrow \frac{6,4 + z}{10 + z} = 0,7 \Leftrightarrow z = 2. \end{aligned}$$

О т в е т : 2 миллиона рублей.

### Задачи для самостоятельного решения

1. Три предприятия  $D$ ,  $E$  и  $F$  строят сооружение на равных долевых началах. Для строительства потребовалось 110 каменных блоков. Предприятие  $D$  предоставило 70 блоков, предприятие  $E$  — остальные 40, а предприятие  $F$  решило всю свою долю оплатить деньгами, выделив для этого 110 тысяч рублей. Как разделить эти деньги между предприятиями  $D$  и  $E$ ?
2. Имеются три партии товара. Общее количество единиц товара в первых двух партиях совпадает с общим количеством единиц товара в третьей партии. Вторая партия в 9 раз дороже первой, а суммарная стоимость первой и второй партий совпадает со стоимостью третьей партии. Единица товара из первой партии дешевле единицы товара из второй партии на величину, заключенную в пределах от 35 тысяч рублей до 40 тысяч рублей, а цена единицы товара из третьей партии не меньше 42 тысяч рублей и не больше 56

тысяч рублей. Определить, какой наименьший и наибольший процент от общего количества единиц товара может содержаться в первой партии.

3. Известно, что вклад, находящийся в банке с начала года, возрастает к концу года на определенный процент (свой для каждого банка). В начале года  $\frac{3}{5}$  некоторого количества денег положили в первый банк, а оставшуюся часть — во второй банк. К концу года сумма этих вкладов стала равна 590 денежным единицам, к концу следующего года — 701 денежной единице. Было подсчитано, что если бы первоначально  $\frac{3}{5}$  исходного количества денег положили во второй банк, а оставшуюся часть — в первый банк, то по истечении одного года сумма вкладов в эти банки стала бы равна 610 денежным единицам. Какова в этом случае была бы сумма вкладов в эти банки к концу второго года?
4. Банк планирует вложить на 1 год 30% имеющихся у него средств клиентов в проект А, а остальные 70% — в проект В. Проект А может принести прибыль в размере от 32% до 37% годовых, а проект В — от 22% до 27% годовых. В конце года банк обязан вернуть деньги клиентам и выплатить им проценты по заранее установленной ставке, уровень которой должен находиться в пределах от 10% до 20% годовых. Определить, какую наименьшую и наибольшую чистую прибыль в процентах годовых от суммарных вложений в проекты А и В может при этом получить банк.
5. Город административно поделен на пять частей: западную, северную, восточную, южную и центральную. Средняя цена дизельного топлива по бензозапра-

вочным станциям восточного района составляет 36 рублей за литр, в западном — 36 рублей 70 копеек, в центральном — 41 рубль, в северном районе — 34 рубля 50 копеек соответственно, в южном совпадает со средней ценой по всем бензозаправкам города. Известно, что в центральной части бензозаправочных станций в полтора раза больше, чем в западной, а на востоке на треть больше, чем на западе. Во сколько раз бензозаправочных станций в северном районе меньше, чем в восточном, если средняя цена дизельного топлива по заправочным станциям города составляет 37 рублей 20 копеек?

6. На собрании акционеров было принято решение увеличить прибыль предприятия за счет расширения ассортимента выпускаемой продукции. Экономический анализ показал, что дополнительные доходы, приходящиеся на каждый вид новой продукции, оказываются равными 80 миллионам рублей, дополнительные расходы при освоении первого вида новой продукции составляют 15 миллионов рублей, а освоение каждого последующего вида требует на 9 миллионов рублей расходов больше, чем освоение предыдущего вида. Очередной вид продукции принимается к производству при условии, что он принесет прибыль. Верно ли, что в результате решения акционеров:
- 1) предприятие может освоить менее 8 видов новой продукции?
  - 2) предприятие может освоить более 10 видов новой продукции?
  - 3) возможный наименьший прирост прибыли составит более 67 миллионов рублей?
  - 4) возможный наибольший прирост прибыли составит менее 270 миллионов рублей?

7. Предприятие выплатило заработную плату своим сотрудникам, перечислило 26% от заработной платы в социальные фонды и закупило необходимое оборудование; кроме этого, предприятие еще выплатило 15% от всех указанных затрат в виде налога государству. Для всех выплат предприятию потребовалось 202 400 тысяч рублей. Если бы заработная плата увеличилась на 10%, а затраты на оборудование возросли на 30%, то суммарные затраты в этом случае составили бы уже 234 140 тысяч рублей. Сколько средств предприятие потратило на заработную плату, а сколько — на закупку оборудования?
8. Два вкладчика вложили деньги в общее дело. После этого один из них добавил еще 1 миллион рублей, в результате чего его доля в общем деле увеличилась на 0,04, а когда он добавил еще 1 миллион рублей, его доля увеличилась еще на 0,02. Сколько денег ему нужно добавить еще, чтобы увеличить свою долю еще на 0,04?
9. В целях рекламы новой модели роликовых коньков спортивный магазин установил скидку 20% на каждую третью продаваемую пару коньков и 30% на каждую пятую продаваемую пару коньков новой модели. В случае если на одну пару коньков выпадают обе скидки, то применяется большая из них. За месяц было продано 250 пар роликовых коньков новой модели. Выясните месячную выручку магазина от продажи новой модели роликовых коньков, если их базовая цена составляет 10 000 рублей.
10. Подводя еженедельно баланс финансовой деятельности, в турфирме отмечают неделю либо как прибыльную при положительном балансе, либо как убыточную — при отрицательном. Общий доход за 52 недели — 26 миллионов рублей. Для каждого из перечисленных ниже

утверждений выяснить, всегда ли оно верно или может быть как верным, так и неверным:

- 1) убыточных недель меньше, чем прибыльных;
- 2) абсолютная величина суммарного баланса по убыточным неделям меньше, чем суммарный баланс по прибыльным неделям;
- 3) абсолютная величина баланса в самую убыточную неделю меньше, чем величина баланса в самую прибыльную неделю;
- 4) средняя величина недельного баланса по прибыльным неделям составляет не менее полумиллиона рублей;
- 5) наибольшая величина недельной прибыли больше полумиллиона рублей.

# ОТВЕТЫ К ЗАДАЧАМ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

## ГЛАВА 1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

1. Понизится на 25%.
2. 720 рублей.
3. На 54%.
4. За 1,5 часа.
5. 6%.
6. 2,1%.
7. 68%.
8. 20%.
9. 10 кг.
10. 5400 и 8100 рублей.
11. 20%.
12. 500.
13. 8, 10, 12 кг.
14. На 110%.
15. В 4,5 раза.

## ГЛАВА 2. ФОРМУЛА СЛОЖНЫХ ПРОЦЕНТОВ

1. Через 7 лет.
2. 12 500 рублей.
3. 6%.
4. 4%.
5. 800 000 рублей.
6. 10%.
7. 12%.
8. 15 лет.
9. 1 млн 600 тыс. рублей.
10.  $r = 2$ .
11.  $S = 36$ .
12.  $r = 10$ .

### **ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ И ГРАФИЧЕСКИЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ**

1. 15 км/ч.
2.  $n = 5$ .
3. Вдоль шоссе 1000 метров и перпендикулярно шоссе 1500 метров.
4. 33 и 113 человек.
5. 90 тыс. рублей в первый проект, 150 тыс. рублей во второй проект; максимальная общая прибыль 435 тыс. рублей.
6. 28 000 км.
7. 37 и 39.
8. 4000 или 8000.

### **ГЛАВА 4. ЗАДАЧИ НА ОПТИМИЗАЦИЮ**

1. 10 кг первого сплава и 5 кг второго сплава.
2. 12 часов 12 минут.
3. Два дома на 6 квартир и 12 домов на 10 квартир.
4. 11 000 тыс. рублей и 12 600 тыс. рублей.
5. 2 набора по 500 рублей, 5 наборов по 1800 рублей, 8 наборов по 1500 рублей.
6. 1 путевку первого типа и 16 путевок второго типа.
7. 2 набора первого типа и 14 наборов третьего типа.
8. 8 роз и 13 гвоздик.
9. 15 вагонов.
10. 132 условных единиц.

### **ГЛАВА 5. СПЕЦИФИКА ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ**

1. 14 человек.
2. 6 месяцев.
3. 2445 долларов.
4. 375 рублей и 125 рублей.
5. 24 и 80 тонн;  $m = 4$ .

## ГЛАВА 6. ДРУГИЕ ЗАДАЧИ

1. 100 тысяч рублей для  $D$  и 10 тысяч рублей для  $E$ .
2. 10% и 15%.
3. 749 денежных единиц.
4. 5% и 20%.
5. Одинаково.
6. 1) да; 2) нет; 3) нет; 4) да.
7. 100 миллионов рублей и 50 миллионов рублей.
8. 8 миллионов рублей.
9. 2 216 000 рублей.
10. Утверждения 2 и 4 верны всегда, а 1, 3 и 5 — не всегда.

*Справочное издание*

**Садовничий Юрий Викторович**

**ЕГЭ**  
**МАТЕМАТИКА**  
**ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ**  
**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ**

Издательство «**ЭКЗАМЕН**»

Гигиенический сертификат  
№ РОСС RU.АД44.Н02841 от 30.06.2017 г.

Главный редактор *Л. Д. Лапто*  
Редактор *И. М. Бокова*  
Технический редактор *Л. В. Павлова*  
Корректоры *О. Ю. Казанаева, Е. Н. Цветкова*  
Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*  
Компьютерная верстка *Е. Ю. Лысова*

Россия, 107045, Москва, Луков пер., д. 8.  
[www.examen.biz](http://www.examen.biz)

E-mail: по общим вопросам: [info@examen.biz](mailto:info@examen.biz);  
по вопросам реализации: [sale@examen.biz](mailto:sale@examen.biz)  
тел./факс 8 (495) 641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции  
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами  
в ООО «Красногорская типография».  
143405, Московская область, г. Красногорск, Коммунальный квартал, дом 2. [www.ktrprint.ru](http://www.ktrprint.ru)

**По вопросам реализации обращаться по тел.:**  
**8 (495) 641-00-30 (многоканальный).**