**КОНКУРС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

**НА СОИСКАНИЕ ПРЕМИИ ИМЕНИ А.С. ПОПЛАУХИНА**

**Общеобразовательная дисциплина: математика**

# Тема: «Элементарная теория управления запасами»

**Автор:** Дружинин Сергей,

ученик 10 «А» МАОУ СОШ № 8.

**Руководитель:** Данилова Лидия Ефимовна,

учитель математики.

г. Красноуральск

2015г.

## Содержание

## Введение

**Цель**: познакомить с элементами теории управления запасами. Об управлении запасами.

Математика может помочь планировать работу заводов, складов и магазинов. На складах и в кладовых хранятся самые разные запасы: кирпичи и духи, тракторы и сахар, книги и хлеб, шины и сода… Слишком много запасов – плохо, материалы лежат зря, а хлеб может и засохнуть. Слишком мало – может не хватить на всех, и слишком часто придется привозить новые партии, гонять транспорт. Значит, надо найти самую лучшую величину запаса – не слишком большую и не слишком малую.

Математическая теория управления запасами сейчас быстро развивается. Напечатаны тысячи книг и статей, созданы и используются самые разные модели. Мы рассмотрим самую простую модель – модель Вильсона, которая несмотря на простоту, широко применяется и приносит большую пользу. Конечно, в теории управления запасами есть и весьма трудоемкие области, но мы коснемся простейших понятий.

# 1. Построение математической модели для планирования работы складов

Перейдем к описанию реальной ситуации, для принятия решения которой мы построим математическую модель.

В зоомагазине продают цыплят. Точно в назначенные директором магазина сроки привозят новые партии. Держать в магазине слишком много цыплят невыгодно – за ними надо тщательно ухаживать. И кормить, конечно. С другой стороны, за доставку каждого заказа приходится платить, так что привозить только одного цыпленка не стоит. Надо решить, какой размер партии выгоднее всего.

Чтобы поставить математическую задачу, математику необходимо поговорить с директором магазина.

М а т е м а т и к. Сильно ли колеблется день ото дня число проданных цыплят?

Д и р е к т о р. Будем считать, что нет.

М а т е м а т и к. Обозначим буквой $r$ежедневный спрос. А что вы делаете, если покупатель есть, а цыплят нет?

Д и р е к т о р. Такого не может быть, мы дорожим честью магазина!

М а т е м а т и к. Значит, изменение запаса $S$цыплят в магазине можно изобразить ломанной (рис. 1).Вы получаете партии из $Q_0$,$Q_1$, $Q_2$, ...цыплят (вертикальные отрезки) в моменты времени $t_0=0$, $t_1$, $t_2$, ... наклон остальных звеньев равен ежедневному спросу $r$

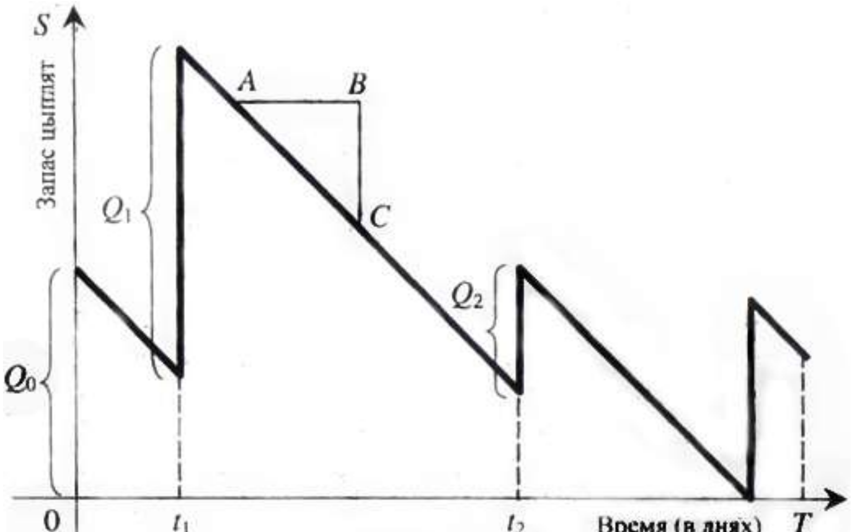



Рис. 1

($\frac{BC}{AB}= r$).Ломанная лежит выше оси времени, опускаясь до нее в отдельных точках, когда на мгновение цыплят в магазине не остается (в это же мгновение привезена новая партия). Во что обходится содержание цыплят?

Д и р е к т о р. Затраты за день пропорциональны их числу.

М а т е м а т и к. На одного цыпленка идет $F$р. в день – еще одно обозначение. А сколько приходится платить за доставку?

Д и р е к т о р. Каков бы ни был размер партии, $G$р.

М а т е м а т и к. Еще один параметр – время $T$ , на которое вы хотите планировать работу.

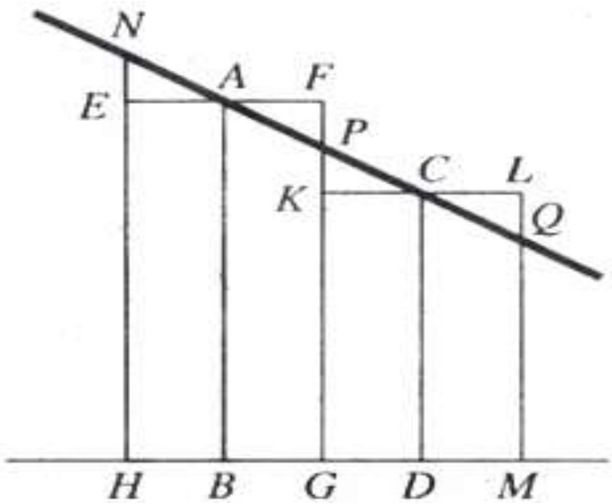
Д и р е к т о р. Мм… Планировать стоит на достаточно продолжительное время. Но на сто лет вперед не стоит. А что, решение зависит от того, на какой именно интервал времени вперед планируется работа?

М а т е м а т и к. Да, есть примеры, когда решение очень сильно зависит от изменения горизонта планирования. Но в той модели, которую я хочу вам предложить, решения при больших $T$ примерно одинаковы.

Итак, вы хотите сделать средние издержки за время $T$ как можно меньше, выбрав оптимальный план поставок, т.е. размеры партий $Q_0$, $Q_1$, $Q_2$, …и моменты доставки $t_1$, $t_2$, …Согласны вы с такой моделью, с такой постановкой задачи?

Д и р е к т о р. Да.

М а т е м а т и к. Спасибо за беседу. Через некоторое время я сообщу вам оптимальный план.



Займемся решением поставленной задачи. Прежде всего, как подсчитать затраты на содержание цыплят? Рассмотрим изменение запаса цыплят за один одень (рис. 2). Затраты на их содержание в течение дня пропорциональны числу цыплят в середине дня, т.е. величина отрезка[$AB$], затраты на их содержание в течение следующего дня пропорциональны величине [$CD$].

Нам надо найти удобное выражение для вычисления затрат на несколько дней. Заметим, что площадь $S_1$ прямоугольника $EFGH$равна $|AB| \times h$, где $h$ – длина отрезка на оси абсцисс, соответствующего одному дню, а площадь $S_2$ прямоугольника $KLMG$равна $|CD| \times h$. Значит, затраты на содержание цыплят за первый день пропорциональны $S_1$, а за следующий пропорциональны $S_2$. Затраты за 2 дня пропорциональны $S_1 + S_2$ с тем же коэффициентом пропорциональности. А теперь воспользуемся тем, что площади треугольников $NAE$и$AFP$равны, поскольку они прямоугольные, углы $NAE$и$AFP$равны, как вертикальные, $|NA| = |AP|$ (ибо $|HB| = |BG|$по построению, прямые $EH$, $AB$, $FG$параллельны , и рассматриваемые треугольники равны. Следовательно, $S_1$равно площади трапеции $NPGH$, и $S_2$ равно площади трапеции $PQMG$по аналогичным причинам, а тогда $S_1 + S_2$ равно площади трапеции $NQMH$.

Таким образом, мы получили удобное выражение для вычисления затрат за несколько дней: они пропорциональны площади под графиком величины запаса, ограниченной осью абсцисс и вертикальными прямыми, соответствующими началу первого дня и концу последнего. За время $T$все цыплята вместе пробудут в магазине столько дней, какова заштрихованная площадь под графиком на рисунке 1, если считать, что $h$–единица измерения на оси абсцисс. А затраты будут в $F$раз больше. Значит, за время $T$ средние издержки (затраты) в день будут равны:

$a = \frac{K}{T}$;$K$ ={[число поставок за время $T$] $G + F$ [площадь под графиком]} (1).

Теперь мы уже полностью перешли на язык математики. Нужно решить чисто математическую задачу – минимизировать величину (1), найдя оптимальный план поставок, т.е. размеры партий $Q_0, Q_1, Q_2,..$ и моменты доставки $t_1, t_2, ...$ Мы покажем, что в оптимальном плане все размеры партий равны и интервалы между их доставками также равны.

## 2. Как устроен оптимальный план

Сначала в множестве планов выделим подмножество, в котором содержится оптимальный план.

Возьмем какой-нибудь план и попробуем его улучшить (рис. 3). Невыгодно иметь запас, когда приходит очередная партия. Если первый зубец, изображенный черным, заменить накрасный, чтобы величина запаса в момент прихода поставки $Q_1$равнялась 0, то затраты уменьшатся. Действительно число заказов и моменты их доставки останутся прежними, а площадь под графиком уменьшится на заштрихованную. Аналогично можно поступить с остальными зубцами. Значит, оптимальный план надо искать среди тех, у которых все зубцы доходят до оси *T*, то этот план не является оптимальным.

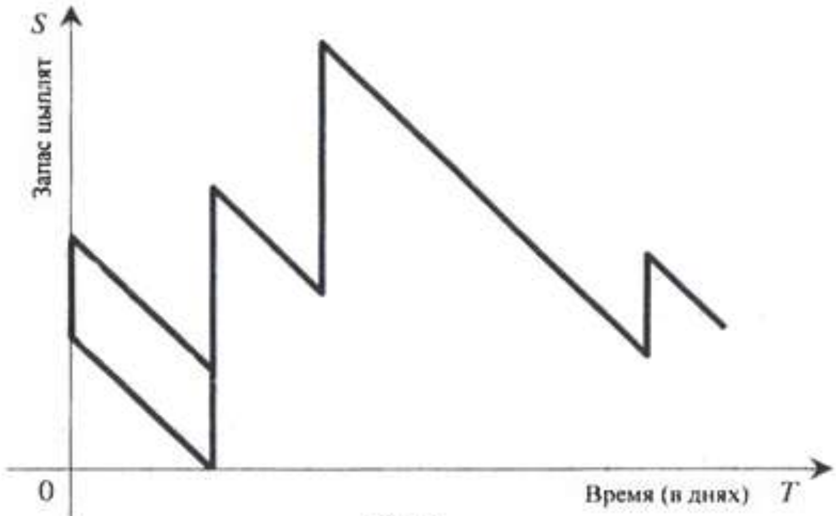



Рис. 3

Если все зубцы доходят до оси *T*, то мы можем определить величины поставок, зная моменты их прихода. Действительно, партия *Q*расходуется с момента $t_i$до момента $t_{i+1}$ – прихода следующей партии. Ежедневный спрос равен *r*. Следовательно, $Q_i = r(t_{i+1} – t_i,)$.

Затраты на содержание цыплят с момента$t_i$ до момента$t_{i+1}$ легко вычислить. Под графиком располагается треугольник с основанием $(t_{i+1} - t_i)$ и высотой $Q_i = r(t_{i+1} – t_i,)$. Площадь его равна:

$\frac{1}{2}Q_i(t_{i+1} - t_i) = \frac{1}{2}r(t_{i+1} - t_i)^2$, а затраты на содержание цыплят в $F$раз больше и равны $\frac{1}{2}rF(t_{i+1} - t_i)^2$.

За время $T$ может быть 1, 2, 3, … доставки цыплят в магазин (первая происходит в момент 0). Как уже установлено, оптимальный план находится среди тех, у которых все зубцы доходят до оси $T$. В частности, запас в момент $T$ равен 0. Найдем теперь оптимальный план при условии, что за время $T$ доставлено ровно к партий в моменты $t_0, t_1, \ldots, t_{k-1}$ соответственно. После этого останется лишь выбрать оптимальное$k$.Введем обозначения: $\Delta_{i+1} = t_{i+1} - t_i$ ,$i = 1, \ldots, k - 2$;$\Delta_1 = t_1$; $\Delta_k = T - t_{k-1}$.

Затраты на доставку цыплят равны $Gk$ и одинаковы для всех рассматриваемых планов. Затраты на содержание цыплят с момента$t_1$ до момента $t_{i+1}$равны $\frac{1}{2}rF\Delta_i^2$ , а за все время $T$ равны

$$\frac{1}{2}rF(\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \ldots \Delta^2_{k-1} + \Delta^2_k) \quad (2).$$

Чтобы минимизировать (1), достаточно минимизировать (2). Получаем следующую математическую задачу.

## 3. Решение задач по оптимальному плану управления запасами

**Задача 1**. При каких неотрицательных числах $a_i$, $i = 1 \ldots k$ достигает минимума величина $\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \ldots \Delta^2_{k-1} + \Delta^2_k$?

О б с у ж д е н и е . Покажем, что сумма квадратов достигает минимума в случае, когда все числа $\Delta_i$ равны между собой. Рассмотрим сначала частный случай $k = 3$. Введем числа $a_1, a_2, a_3$ с помощью равенств:

$\Delta_1 = \frac{T}{3} + a_1$, $\Delta_2 = \frac{T}{3} + a_2$, $\Delta_3 = \frac{T}{3} + a_3$. Тогда $a_1 + a_2 + a_3 =$

$$= (\Delta_1 - \frac{T}{3}) + ((\Delta_2 - \frac{T}{3}) + (\Delta_3 - \frac{T}{3}) = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 - T = 0.$$

А теперь вычислим сумму квадратов:

$$\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 = (\frac{T}{3} + a_1)^2 + (\frac{T}{3} + a_2)^2 + (\frac{T}{3} + a_3)^2 =$$

$$= (\frac{T^2}{9} + \frac{2T}{3} a_1 + a_1^2) + (\frac{T^2}{9} + \frac{2T}{3} a_2 + a_2^2) + (\frac{T^2}{9} + \frac{2T}{3} a_3 + a_3^2) =$$

$$= \frac{T^2}{3} + \frac{2T}{3}(a_1 + a_2 + a_3) + a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 = \frac{T^2}{3} + a_1^2 + a_2^2 + a_3^2.$$

Следовательно, $\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2$ достигает минимума тогда, когда достигает минимума $a_1^2 + a_2^2 + a_3^2$. А сумма квадратов $a_1^2 + a_2^2 + a_3^2$ всегда неотрицательна и равна 0 только в случае $a_1 = a_2 = a_3 = 0$.

Значит, в рассматриваемом случае (2) достигает минимума, когда

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = \frac{T}{3}.$$

Доказательство в общем случае отличается от только что проведенного лишь тем, что в некоторых выкладках часть членов не выписывается, а вместо них ставится многоточие. А именно, определяем $a_i$ с помощью равенств

$$\Delta_i = \frac{T}{k} + a_i, i = 1, \ldots, k.$$

Тогда $a_i + \ldots + a_k = (\Delta_1 - \frac{T}{k}) + \ldots + (\Delta_k - \frac{T}{k}) = \Delta_1 + \ldots + \Delta_k - T = 0.$

Вычислим сумму квадратов:

$$\Delta_1^2 + \ldots + \Delta_k^2 = (\frac{T}{k} + a_1)^2 + \ldots + (\frac{T}{k} + a_k)^2 =$$

$$= (\frac{T^2}{k} + \frac{2T}{k} + a_1 + a_1^2)^2 + \ldots + (\frac{T^2}{k} + \frac{2T}{k} + a_k + a_1^2)^2 =$$

$$= \frac{T^2}{k} + \frac{2T}{k}(a_1 + \ldots + a_k) + a_1^2 + \ldots + a_k^2 = \frac{T^2}{k} + a_1^2 + \ldots + a_k^2.$$

Сумма квадратов $a_1^2 + \ldots + a_k^2$ всегда неотрицательна и равна 0 только в случае $a_1 = \ldots = a_k = 0$. Значит, сумма квадратов $\Delta_1^2 + \ldots + \Delta_k^2$ достигает минимума в случае $\Delta_1 = \ldots = \Delta_k = \frac{T}{k}$.

Вернемся к управлению запасами. Мы выяснили, что оптимальный план следует искать среди тех, в которых партии приходят через одинаковые промежутки времени и имеют, следовательно, одинаковый размер $Q$. Промежуток $\Delta$ между приходами партий выражается через $Q$ следующим образом: $\Delta = \frac{Q}{r}$.

Пусть за время $T = L\Delta$ полностью расходятся $L$ партий по $Q$ цыплят. Вычислим средние издержки (1) для плана, в котором все партии имеют размер $Q$. Общий спрос за время $T$ равен $rT$.

За это время доставлено $L = \frac{rT}{Q}$–партий цыплят. Под графиком - $\frac{rT}{Q}$треугольников, площадь каждого равна$\frac{Q^2}{2r}$, и общая площадь под графиком такова: $\frac{Q^2}{2r} \times \frac{rT}{Q} = \frac{QT}{2}$**.** На доставку и содержание цыплят за время $T$потрачено $GL + \frac{FQT}{2} = \frac{GrT}{Q} + \frac{FQT}{2} = (\frac{Gr}{Q} + \frac{FQ}{2})T$, и средние издержки (1) за один день равны: $a = f(Q) = \frac{Gr}{Q} + \frac{FQ}{2}$.(3)

Какое $Q$ самое выгодное? Сейчас мы снова займемся математикой.

**Задача 2.** При каком положительном $y$ величина $y + \frac{1}{y}$ принимает наименьшее значение?

Р е ш е н и е.

Справедливо тождество $y + \frac{1}{y} = (\sqrt{y} - \frac{1}{\sqrt{y}})^2 + 2$.

Первая часть меньше всего при $\sqrt{y} - \frac{1}{\sqrt{y}} = 0$, т.е. при $y^2 = 1$($y > 0$).

Минимальное значение $y + \frac{1}{y}$равно 2.

**Задача 3.** Если $x$ и $y$ неотрицательны, то$\frac{x+y}{2} \geq \sqrt{xy}$.

Д о к а з а т е л ь с т в о.

$\frac{x+y}{2} \geq \sqrt{xy}$,

$$\frac{(x-2\sqrt{xy}+y)}{2} \geq 0,$$

$$\frac{(\sqrt{x}-\sqrt{y})^2}{2} \geq 0,$$

$(\sqrt{x} - \sqrt{y})^2 \geq 0$ при любых $x \geq 0$ и $y \geq 0$. Тождество доказано.

**Задача 4.** Когда достигает минимума $\frac{A}{x}+ Bx$ *(A, B, x > 0)?*

Р е ш е н и е.

Справедливо тождество $\frac{A}{x}+ B_x= \sqrt{AB}(\frac{1}{\sqrt{\frac{Bx}{A}}}+ \sqrt{\frac{Bx}{A}})$

Заменой $y = \sqrt{\frac{Bx}{A}}$ сводим дело к задаче 2, из которой следует, что минимум равен $2\sqrt{AB}$ и достигается при $\sqrt{\frac{Bx}{A}}= 1, x = \sqrt{\frac{A}{B}}$ .

Для получения этих результатов можно применять также задачу 3.

Вернемся к управлению запасами. Применим результат задачи 4 к средним издержкам (3).

Надо положить $A = Gr$, $B = \frac{F}{2}$ .Значит, наивыгоднейший размер партии (при *котором f(Q) достигает минимума)* $Q$опт= $\sqrt{\frac{Gr}{F}}$*(4).*

Минимальные затраты равны $\sqrt{2FGr}$ = $a$ в день, между поставками проходит $\frac{Q\text{опт}}{r}$ = $\sqrt{\frac{2G}{Fr}}$дней, а расходы на содержание цыплят за время между поставками равны: $\frac{FQ^2\text{опт}}{2r} = \frac{F}{2r} \times \frac{2Gr}{F}$ = 2G.

Формула (4) наивыгоднейшего размера партии носит имя американского ученого Р. Вильсона и получена еще в первой четверти XX века. План, в котором размеры всех партий одинаковы и равны $Q_{\text{опт}}$,будем называть планом Вильсона. Планы Вильсона, несмотря на свою простоту, дают обычно большой экономический эффект и потому широко применяются.

## 4. Экспериментальная проверка полученных результатов

***I исследование:***

Содержание и покупка аквариумных рыбок. У меня дома есть аквариум. Люди, содержащие аквариумных рыбок, знают, что они достаточно, часто по разным причинам умирают. Для того чтобы все рыбки не погибли, необходимо периодически их покупать.

В моем аквариуме живет в среднем 13 рыбок. Я хочу, чтобы их число не падало ниже 10. В месяц (30 дней) умирает примерно 3 рыбки. Затраты на содержание одной рыбки составляют примерно 1,5 рубля в день. Для того чтобы купить новых рыбок, мне нужно потратить 32 рублей на проезд. Каким же образом осуществлять покупку рыбок? Как часто и сколько покупать, чтобы ежедневные издержки оказались минимальными?

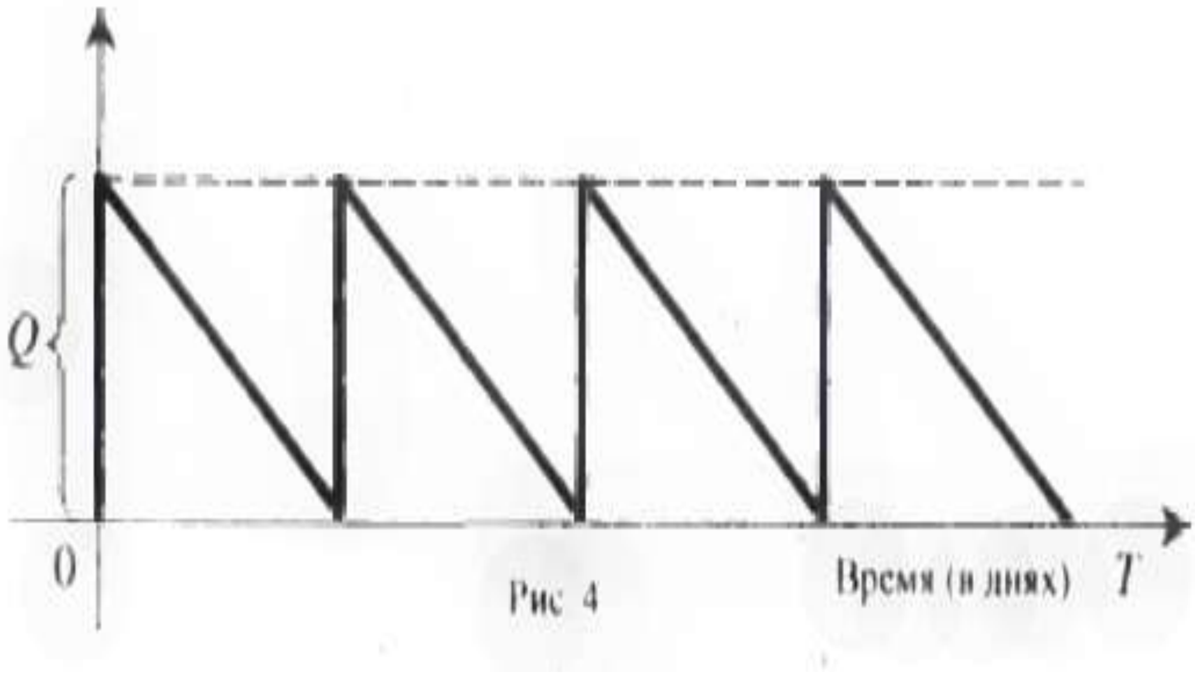



Рис 4

Казалось бы, что может быть проще: раз в месяц отправляться в зоомагазин и покупать трех рыбок. Но попробуем посчитать ежедневные издержки в этом случае.

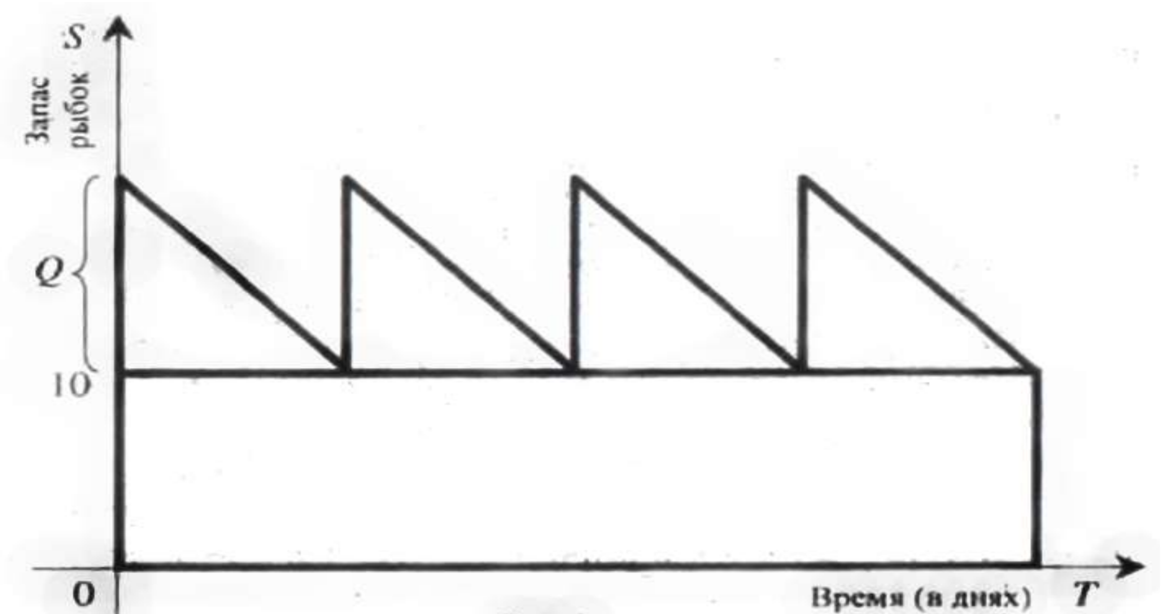



Рис. 5

На проезд, как уже было сказано, нужно потратить G = 32 р. Как быть с содержанием рыбок? Предположим, что раз в 10 дней умирает 1 рыбка. Тогда первые 10 дней в аквариуме живет 3 рыбки, вторые 10 дней - 2 рыбки, наконец, последние 10 дней - 1 рыбка. Тогда затраты на содержание купленных рыбок составят:

$A = 32 \times 3 \times 1{,}5 + 32 \times 2 \times 1{,}5 + 32 \times 1 \times 1{,}5 = 288$ (рублей).

Пусть одна рыбка стоит 50 рублей. Тогда стоимость покупки будет равна:

$C = 3 \times 50 = 150$ (рублей).

Общие траты: $K = G + A + C = 32 + 288 + 150 = 470$ (рублей).

Ежедневные издержки:

$a = \frac{К}{Т} = \frac{470}{30} = 15{,}6$ (рубля в день).

А теперь попробуем использовать модель Вильсона .

Ежедневный спрос можно заменить смертностью рыбок:

$r$ = 3 рыбки /30 дней = 0,1 (рыбки в день).

Ежедневные затраты на содержание одной рыбки:

$F$ = 1,5 рубля.

Стоимость доставки (оплата проезда):$G$ = 32 рубля.

П л а н  В и л ь с о н а:

$Q$опт= $\sqrt{\frac{Gr}{F}}$ - самый выгодный размер партии;

$a = \sqrt{2FGr}$ – минимальные затраты в день;

$t = \sqrt{\frac{2G}{Fr}}$– дней между поставками.

В нашем случае:

$Q$опт=$\sqrt{\frac{2 \times 32 \times 0{,}1}{1{,}5}}$= 4 (рыбки) – самый выгодный размер партии;

$a = \sqrt{2 \times 1{,}5 \times 32 \times 0{,}1}$= 9,6 (рублей) – минимальные ежедневные затраты на содержание покупки;

$t = \sqrt{\frac{2 \times 32}{1{,}5 \times 0{,}1}}$= 20 (дней) – время между покупками.

Цена покупки:  $C$ = 2 × 50 = 100 (рублей), ежедневные издержки составляют

$E = \frac{C}{t} = \frac{150}{20}$= 7,5 (рублей).

Общие ежедневные издержки:

$N = a + E$ = 9,6 + 7,5 = 17,1 (рублей).

Итак, при использовании модели Вильсона затраты на покупку и содержание рыбок составляют 15,6 рублей, без использования этой модели – 17,1 рублей. Экономическая выгода составляет:

$A$ = 1,5 (рубля).

Сумма, конечно, смешная, но экономия в год составит:

$S$ =365 × 1,5 = 547,5 (рублей).

***II исследование:***

Вторым объектом исследований стала наша школьная столовая. Я решил исследовать, какое количество пицц, изготавливаемых в школе, выгоднее всего.

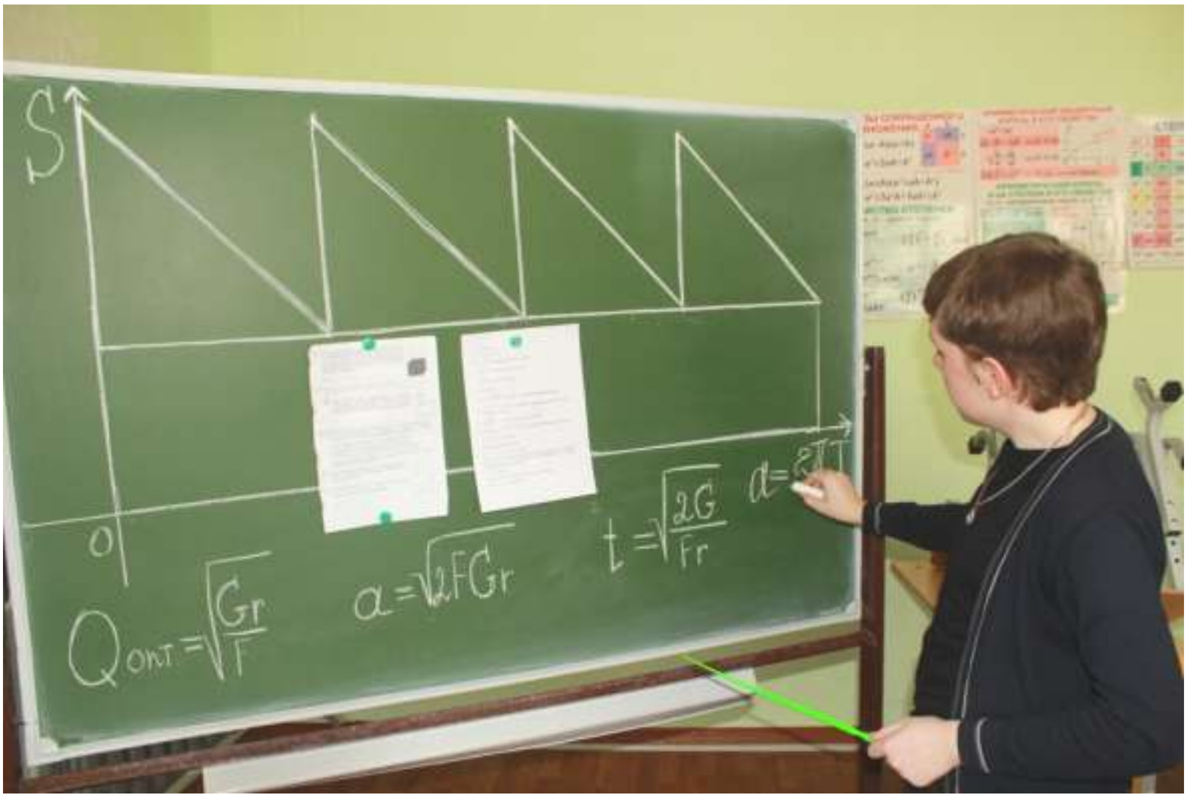
Чтобы поставить математическую задачу, я встретился с директором школы и выяснил какое количество человек учится в школе, сколько человек приходится на старшее и младшее звено. Т.к. младшие классы не употребляют пиццу, то в расчет берем учеников старших классов. Из нашей беседы я выяснил, что всего в школе учатся 755 человек, в младших классах 327 человек (1-4 классы), а в старших классах 428 человек (5-11 классы).

Далее я пообщался с заведующей нашей столовой, после чего узнал, что ежедневно на продажу выпекают 120 пицц, а также их стоимость и себестоимость.

А = 22,4 (рубля) –стоимость одной пиццы,

а = 14 (рублей) – себестоимость одной пиццы.

Следующее, что я сделал – это посчитал общее количество учебных дней за I полугодие.




В сентябре было 20 учебных дней, в октябре 23 дня, в ноябре 17 дней, в декабре 22 день. Сложим 20+23+17+22=82.

Итого: 82дня за вычетом выходных и каникул.

Как выяснили, r = 120 – число пицц, выпускаемых ежедневно столовой.

F = 20 (человек) – среднее количество детей, пропускающих школу;

Qопт = r – F – самый выгодный размер партии пицц в штуках;

Qопт = 120-20=100 (пицц).

Рассчитав выгодный размер партии, мы можем посчитать прибыль и избежать убытков.

Emax= (Qопт × A) – (Qопт× a)– максимальная прибыль;

E = (r × A) – (r × a)–(((r- Qопт)×A)-((r- Qопт)×a))- прибыль с учетом убытков;

Emax = (100× 22,4) – (100× 14) = 840 (рублей);

$E = (120 \times 22{,}4) – (120\times14)-(((120- 100)\times22{,}4)+ ((120-100)\times14)) =728$ (рублей);

$R = E_{max} – E$ – издержки в день.

$R = 840 – 728= 112$ (рублей) в день.

Посчитав общее количество рабочих дней за II полугодие, я получил 82 дня за вычетом выходных дней и каникул.

И теперь, основываясь на выше приведенных расчетах, мы можем посчитать издержки за весь учебный год.

$T= 82+82= 164$ рабочих учебных дней.

$R_{год}= R \times T$ – издержки за год;
$R_{год}= R \times T =164\times112=18368$ (рублей)

Проведя исследования среди учащихся по посещаемости ежедневно школу, я выяснил, что в среднем не ходит в школу каждый день 20 человек среди 5-11 классов.

И, при использовании модели Вильсона, мы видим, что издержки на приготовлении продукции (пиццы) составляют меньше, чем без ее использования. Следовательно, раз издержки меньше, то общая прибыль будет больше.

Если рационально планировать не только содержание аквариумных рыбок, но и приготовление продукции (пиццы) в промышленных масштабах,вести домашнее хозяйство, то экономическая выгода будет более ощутимой. Лично мне эти расчеты очень помогли правильно спланировать покупку рыбок, а также составить рекомендации для заведующей нашей столовой, дабы избежать больших издержек и сделать прибыль максимальной. И я надеюсь, что моя работа будет полезна.

## Заключение

Теория управления запасами очень полезна при ведении как предпринимательской деятельности, так и домашнего хозяйства.

Можно, например, планировать интервалы поездок на рынок или ярмарку, а также размеры покупок. Ведь некоторые продукты быстро портятся, а слишком часто посещать рынок нерационально - нужно затратить деньги на проезд, а главное, драгоценное время. При умелом планировании хорошая хозяйка может сэкономить свои силы и финансы, так как ей не придется выбрасывать пропавшие продукты, но и слишком часто посещать рынок или ярмарку, удаленный магазин.

Данные приёмы полезны также для ведения предпринимательской деятельности. Работа различных баз, складов, магазинов не должна быть убыточной. Поэтому склады не могут пустовать, но и залежалый товар иметь нежелательно. Нельзя также слишком часто заказывать мелкие партии товара, так как за каждую доставку приходится платить. Все эти аспекты необходимо учитывать при планировании экономической деятельности предприятия.

Главное, для простейших элементов планирования вовсе не обязательно иметь какие-то знания в области экономической теории. Это удел специалистов. Нам достаточно лишь правильно определить параметры оптимального плана и применить нехитрые знания в области математики.

В данном проекте представлены лишь азы управления запасами ( так называемый план Вильсона). Несомненно, для большого предприятия необходимы намного более сложные модели.

Добавляются различные факторы, влияющие на планирование. Но на больших предприятиях работает целый штат экономистов, призванный сделать экономическую деятельность своего завода (фабрики, магазина и так далее) наиболее выгодной. Эти люди - специалисты, они изучали множество дисциплин при получении образования. Планирование - их работа. Нам же важно усвоить простейшие элементы управления запасами для рационального ведения личного хозяйства. Каждый по желанию может установить параметры своего идеального плана, произвести необходимые расчеты и получить свою модель управления запасами. Пример таких расчетов доказан в данном проекте.

## Список используемой литературы


1. Вадченко Н. Л., Хаткина Н. В. «Занимательная математика» - Донецк: Сталкер, 1995.
2. Величко. М.В.  «Математика9-11 классы. Проектная деятельность учащихся»- Волгоград, 2008.
3. Рахлина  Н. П., БалюнГ. М.«Математика. Теория и задачи»-Киев: Наукова думка, 1967.
4. Фильчаков  П. Ф., Имас Р. Л., ЛисовецА. М. «Справочник по математике» - Киев: Наукова думка, 1967.