МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Государственное учреждение образования «Гимназия № 10 г. Гродно»

Торговец на лодке

Лобань Александр Валерьевич,
учащийся 7 «А» класса

Чутора Елизавета Андреевна,
учитель математики
ГУО «Гимназия № 10 г. Гродно»,
вторая кв. категория учителя математики

Гродно, 2021

Торговец на лодке

А. В. Лобань
ГУО «Гимназия № 10 г. Гродно», 7 «А» класс,
Гродно, Беларусь

Научный руководитель – Е. А. Чутора, учитель математики ГУО «Гимназия № 10 г. Гродно», вторая кв. категория учителя математики.

Работа 14 с.,1 ч., 14 таблиц.
Ключевые слова:

В работе представлено исследованиезадачи, представленной на Минском городском открытом Турнире юных математиков в 2021 году, в которой идёт речь о переправлении торговцем через реку N объектов, пронумерованных от 1 до N. Без присутствия торговца объект под номером i уничтожает объекты под номерами $i-1$, …, $i-p$($p \ge 1$). Необходимо найтинаименьшее значениеk при котором торговец, перевозя в лодке не более k объектов, сможет их переправить на другой берег реки так чтобы ни один объект не пострадал ($m = 0$);пострадало не более m объектов.

Целью данной работы является решение этой задачи, а именно нахождение минимального количества мест в лодке при выполнении всех условий перевозок.

В результате исследования были доказанып следующие теоремы:

Теорема 1.Минимальное число мест в лодке при переправлении объектов с полным их сохранением равно $k(N,p,0) = N - \left[\frac{N-1}{p+1}\right] - 1$, где $N \in \mathbb{N}, N > 1, p \in \mathbb{N}, p \le N$.

Теорема 2.Минимальное число мест в лодке при переправлении объектов с не более, чем m уничтожений,равно $k(N,p,m) = N - m - 1 - \left[\frac{N-m-1}{p+1}\right]$.

А также были рассмотрены следующие частные случаи общей постановки задачи.

1) Пусть $p = 1, m = 0$. ПриN чётных $k = \frac{N}{2}$;при N нечётных $k = \frac{N-1}{2}$.

2) Пусть $p = 2, m = 0$. Тогда $k = N - \left[\frac{N-1}{3}\right] - 1$.

3) Пусть $p = 3, m = 0$. Тогда $k = N - \left[\frac{N-1}{4}\right] - 1$.

4) Пусть $p = 1, m = 1$. Тогда $k = k(N,1,1) = N - 1 - \left[\frac{N}{2}\right]$.

5) Пусть $p = 1, m = 2$. Тогда $k = k(N,1,2) = N - 3 - \left[\frac{N-3}{2}\right]$.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной работы заключается в необходимости развития нестандартного мышления при решении игровых логических задач у учащихся при подготовке к олимпиадам и математическим турнирам.

В 2021 году на VIII Минском городском открытом Турнире юных математиков (младшая лига – 5-7 классы) была представлена следующая задача:

У торговца есть сыр, мышь, крыса, кошка, собака, волк и медведь. Торговец хочет переправиться через реку и для этих целей у него есть лодка, которая, кроме него самого, вмещает k объектов из этих семи. Если оставить мышь с сыром, мышь его съест. Если оставить крысу с сыром или мышью, она их съест. Если оставить кошку с мышью или крысой, она их съест. Если оставить собаку с кошкой или крысой, она их убьёт. Если оставить волка с собакой или кошкой, он их убьёт. Если оставить медведя с собакой или волком, он их убьёт. Предполагаем, что присутствие торговца мешает животным уничтожать друг друга и сыр. Какое наименьшее значение k позволит переправить всех животных и сыр в целости и сохранности на другой берег?

Общая постановка задачи. У торговца есть N объектов, пронумерованных от 1 до N. Без присутствия торговца объект под номером i уничтожает объекты под номерами $i-1, \ldots, i-p$ ($p \geq 1$). Найдете наименьшее значениеk при котором торговец, перевозя в лодке не более k объектов, сможет их переправить на другой берег реки так чтобы

а) ни один объект не пострадал ($m = 0$);

б) пострадало не более m объектов.

Необходимо найти функцию $k(N, p, m)$, а также функцию $k(N)$, если $p = 1$, m = 0; $k(N)$, если $p = 2, m = 0$; $k(N)$, если $p = 3$, $m = 0$; $k(N)$, если $p = 1$, $m = 1$; $k(N)$, если $p = 1, m = 2$.

Целью данной работы является решение этой задачи, а именно нахождение минимального количества мест в лодке при выполнении всех условий перевозок.

Практическая значимость заключается в применениив практической деятельности обобщённой формулы для нахождения минимального количества мест в лодке при любом количестве перевозимых в ней объектов.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1) Найти наименьшее значение k при переправлении 6 животных и сыра.

2) Найти наименьшее значение k, при котором торговец, перевозя в лодке не более k объектов, сможет их переправить на другой берег реки так, чтобы ни один объект не пострадал ($m = 0$), и рассмотреть частные случаи.

3) Найти наименьшее значение k, при котором торговец, перевозя в лодке не более k объектов, сможет их переправить на другой берег реки так, чтобы пострадало не более m объектов, и рассмотреть частные случаи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Переправление животных и сыра

Обозначим для удобства сыр = 1, мышь = 2, крыса = 3, кошка = 4, собака = 5, волк = 6, медведь = 7.

Объект 2 уничтожает 1; 3 – уничтожает 2 и 1; 4 – уничтожает 3 и 2; 5 – 4 и 3; 6 – 5 и 4; 7 – 6 и 5.

Утверждение 1.Наименьшее значение k, которое позволит переправить всех животных и сыр в целости и сохранности на другой берег, равно 4.

Доказательство.

Так как требуется переместить их на другой берег лодкой наименьшей вместимости, постараемся оставить на берегу максимально возможное число объектов. Пусть останется 1. Тогда 2 и 3 нельзя оставлять на берегу. Оставим также объект 4. Тогда 5 и 6 нельзя оставлять, иначе они уничтожат 4. Ещё можно оставить 7.

Итак, 1, 4 и 7 остаются на левом берегу, остальные 2, 3, 5 и 6 обязательно нужно брать в лодку. Значит, минимальная вместимость лодки должна бытьk=4. В таблице 1.1 показано, что при этом перемещение всех объектов на правый берег возможно:

Таблица 1.1

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7				
1 4 7	$\longrightarrow$	2 3 5 6	$\longrightarrow$	2 3 5 6
1 3 4 6 7	$\longleftarrow$	3 6	$\longleftarrow$	2 5
3 6	$\longrightarrow$	1 4 7	$\longrightarrow$	1 2 4 5 7
2 3 5 6	$\longleftarrow$	2 5	$\longleftarrow$	1 4 7
	$\longrightarrow$	2 3 5 6	$\longrightarrow$	1 2 3 4 5 6 7

■

2 Переправление Nобъектов при условии их полного сохранения

У торговца есть N объектов, пронумерованных от 1 до N. Без присутствия торговца объект под номером i уничтожает объекты под номерами $i-1$, …, $i-p$ ($p \geq 1$). Найдите наименьшее значение k, при котором торговец, перевозя в лодке не более k объектов, сможет их переправить на другой берег реки так чтобы ни один объект не пострадал.

Теорема 1.Минимальное число мест в лодке при переправлении объектов с полным их сохранением равно

$$k(N,p,0) = N - \left\lfloor \frac{N-1}{p+1} \right\rfloor - 1, \tag{1}$$

где $N \in \mathbb{N}, N > 1, p \in \mathbb{N}, p \leq N$.

Доказательство.

Пусть имеется N объектов: 1, 2, …, N.Объект i уничтожает объекты $i-1, i-2, \dots, i-p$.Чтобы ни один объект не пострадал (m=0), оставлять на берегу можно объекты с номерами iи j, если $|i-j| > p$. Разобьем все объекты на $p+1$ группу безопасности. В группу A_i, $i=\overline{0,p}$ поместим объекты, дающие при делении на $p+1$ остаток i. Если $N \vdots (p+1)$, то все группы содержат равное число объектов по $\frac{N}{p+1}$ каждая. Если $N \not\vdots (p+1)$, т.е. N при делении на $p+1$дает остаток l, то группы $A_1, A_2, \dots, A_l$, содержат по $\left\lfloor \frac{N}{p+1} \right\rfloor + 1$объектов, остальные группы $A_{l+1}, \dots, A_p, A_0$, по $\left\lfloor \frac{N}{p+1} \right\rfloor$ объектов,где [x] – целая часть числа x.

Чтобы ни один объект не пострадал, на берегу можно оставить только одну группу безопасности. Чтобы число мест в лодке было наименьшим, оставлять на берегу следует самую многочисленную группу A_1.Все остальные объекты необходимо помещать в лодку.

Число объектов группы A_1 можно также записать в виде $\left\lfloor \frac{N-1}{p+1} \right\rfloor + 1$. В самом деле, группа A_1 содержит $s+1$ объектов:

$$1, 1+(p+1), 1+2(p+1), \dots, 1+s(p+1),$$

причем числоsудовлетворяет условиям

$$\begin{cases} 1 + s \cdot (p+1) \leq N; \\ 1 + (s+1) \cdot (p+1) > N. \end{cases}$$

Отсюда найдем

$$\frac{N-1}{p+1} - 1 < s \leq \frac{N-1}{p+1}$$

Из последнего неравенстваследует $s = \left\lfloor \frac{N-1}{p+1} \right\rfloor$.

Тогда оставить на берегу без присмотра торговца можно $s+1$ объект. Остальные $k = N - s - 1$ объектов нужно перевозить в лодке.

Таким образом,минимальное число мест в лодке определяется формулой (1), где $N \in \mathbb{N}, N > 1, p \in \mathbb{N}, p \leq N$. Очевидно также что $k(1,1,0) = 1$.

Покажем, что переправить все объекты при таком k возможно. Пусть N при делении на $p+1$ дает остаток 1. Тогда группаA_1содержит $\frac{N-1}{p+1} + 1$ объектов, а группы $A_2, \dots, A_p, A_0$, – по $\frac{N-1}{p+1}$ объектов.Объединим все объекты групп $A_3, \dots, A_p, A_0$ в одну группу B. На левом берегу оставляем группу A_1. Всех остальных загружаем а лодку и перевозим на правый берег. Оставляем там группу A_2, и возвращаемся с группами B на левый берег.Забираем первый объект группы A_1 и вместе с B переправляемся на правый берег, оставляем там объект 1, забираем A_2 и вместе с B отправляемся на левый берег.Оставляем A_2, забираем группу A_1 без первого элемента и вместе с B возвращаемся на правый берег.Оставляем там группу A_1 без первого элемента и вместе с B отправляемся на левый берег. Забираем там A_2 и перевозим всех на правый берег. Изобразим данную перевозку в таблице 2.1:

Таблица 2.1

Левый берег		Лодка		Правый берег
A_1, A_2, B				
A_1	¾ ¾®	A_2, B	¾ ¾®	A_2, B
A_1, B	¬ ¾¾	B	¬ ¾¾	A_2
$A_1 \backslash \{1\}$	¾ ¾®	$1, B$	¾ ¾®	$1, A_2, B$
$A_1 \backslash \{1\}, A_2, B$	¬ ¾¾	A_2, B	¬ ¾¾	1
A_2	¾ ¾®	$A_1 \backslash \{1\}, B$	¾ ¾®	A_1, B
A_2, B	¬ ¾¾	B	¬ ¾¾	A_1
	¾ ¾®	A_2, B	¾ ¾®	A_1, A_2, B

Если же N при делении на $p + 1$ дает остаток 0 или $l > 1$, то Тогда группы A_1и A_2содержат одинаковое число объектов. Тогда схема перевозки изображена в таблице 2.2:

Таблица 2.2

Левый берег		Лодка		Правый берег
A_1, A_2, B				
A_1	$\longrightarrow$	A_2, B	$\longrightarrow$	A_2, B
A_1, B	$\longleftarrow$	B	$\longleftarrow$	A_2
	$\longrightarrow$	A_1, B	$\longrightarrow$	A_1, A_2, B

■

Частные случаи

Случай 1.

Пусть $p = 1, m = 0$. По формуле (1) найдем $k(N,1,0) = N - \left[\frac{N-1}{2}\right] - 1$.

При N чётных $k = N - \frac{N}{2} + 1 - 1 = \frac{N}{2}$.

При N нечётных $k = N - \frac{N}{2} + \frac{1}{2} - 1 = \frac{N-1}{2}$.

Продемонстрируем на примерах.

Пусть N=7, тогда k=3. Порядок перемещения объектов представлен в таблице 2.3:

Таблица 2.3

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7				
1 3 5 7	$\longrightarrow$	2 4 6	$\longrightarrow$	2 4 6

1 3 5 7	⟵		⟵	2 4 6
1	⟶	3 5 7	⟶	2 3 4 5 6 7
1 2 4 6	⟵	2 4 6	⟵	3 5 7
2 4 6	⟶	1	⟶	1 3 5 7
2 4 6	⟵		⟵	1 3 5 7
	⟶	2 4 6	⟶	1 2 3 4 5 6 7

Пусть N=8, тогда k=4. В таблице 2.4 показано переправление объектов.

Таблица 2.4.

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7 8				
1 3 5 7	⟶	2 4 6 8	⟶	2 4 6 8
1 3 5 7	⟵		⟵	2 4 6 8
	⟶	1 3 5 7	⟶	1 2 4 5 7 8

Случай 2.

Пусть $p = 2, m = 0$. Тогда $k = N - \left[\frac{N-1}{3}\right] - 1$.

Пример для $N = 7$ рассмотрен в пункте 1.

Пример: $N = 8, m = 0$. Тогда $k = 8 - \left[\frac{7}{3}\right] - 1 = 5$. Переправление показано в таблице 2.5:

Таблица 2.5

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7 8				
1 4 7	⟶	2 3 5 6 8	⟶	2 3 5 6 8
1 3 4 6 7	⟵	3 6	⟵	2 5 8
	⟶	1 3 4 6 7	⟶	1 2 3 4 5 6 7 8

Пример: N=5, m=0. Тогда $k = 5 - \left[\frac{4}{3}\right] - 1 = 3$.Переправление показано в таблице 2.6:

Таблица 2.6

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5				
1 4	⟶	2 3 5	⟶	2 3 5
1 3 4	⟵	3	⟵	2 5
	⟶	1 3 4	⟶	1 2 3 4 5

Случай 3.

Пусть $p = 3, m = 0$. Тогда $k = N - \left[\frac{N-1}{4}\right] - 1$.

Пример: $N = 5, m = 0$. Тогда $k = 5 - \left[\frac{4}{4}\right] - 1 = 3$. Переправление показано в таблице 2.7:

Таблица 2.7

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5				
1 5	⟶	2 3 4	⟶	2 3 4

1 3 4 5	⟵	3 4	⟵	2
1	⟶	3 4 5	⟶	2 3 4 5
1 2 3 4	⟵	2 3 4	⟵	5
2	⟶	1 3 4	⟶	1 3 4 5
2 3 4	⟵	3 4	⟵	1 5
	⟶	2 3 4	⟶	1 2 3 4 5

3 Переправление N объектов с не более, чем m уничтожений

Теорема 2. Минимальное число мест в лодке при переправлении объектов с не более, чем m уничтожений, равно

$$k(N,p,m) = N - m - 1 - \left[\frac{N - m - 1}{p+1}\right]. \tag{2}$$

Доказательство.

Пусть сейчас при перемещении N объектов допускается, чтобы пострадало не более m объектов. Прежде всего, отметим, что если мы оставим на берегу объекты с номерами $i, i-1, i-2, \ldots, i-p$, то результат будет непредсказуемый, так как в условии задачи не указано как происходит уничтожение одного объекта другим. Возможно объект i уничтожит $i-1$, объект $i-2$ уничтожит $i-3$ и т.д. А может объект $i-p+1$ уничтожит $i-p$, затем он сам будет уничтожен объектом $i-p+2$ и т.д. В итоге останется только объект i.

Чтобы уничтожение объектов было контролируемое, обеспечим перевозку по следующей схеме. Выделим в начале ряда m групп по $p+2$ объекта. Из каждой такой группы первые два объекта будут оставлены на левом берегу. При этом второй объект уничтожит первый. Остальные p объектов каждой группы будут помещены в лодку для перевозки на другой берег. Это обеспечит безопасность оставшимся на левом берегу вторым элементам каждой группы. К оставшимся $N-(p+2)m$ объектам применяем правила перевозки объектов без пострадавших из пункта 7.1. Таким образом, число мест в лодке должно быть

$$k(N,p,m) = pm + k\left(N - (p+2)m, p, 0\right). \tag{3}$$

Преобразуем формулу (3) с учетом (1).

$$k(N,p,m) = pm + k\left(N-(p+2)m,p,0\right) = pm + N - (p+2)m -$$

$$- \left[\frac{N-(p+2)m-1}{p+1}\right] - 1 = N - 2m - 1 - \left[\frac{N-(p+1)m-m-1}{p+1}\right] =$$

$$= N - 2m - 1 - \left[\frac{N-m-1}{p+1} - m\right] = N - m - 1 - \left[\frac{N-m-1}{p+1}\right].$$

Итак, получили формулу (2).

Формулой (2) можно пользоваться, когда $m(p+2) < N$, т.е. когда можно выделить m полных групп по $p+2$ объекта и еще останутся объекты.

Если $(m-1)(p+2)+2 \le N \le m(p+2)$, то $k(N,p,m) = N - 2m$, т.к. m объектов уничтожены и m остаются на берегу, а остальные помещаются в лодку.

Можно показать, что формула (2) дает тот же результат и при $(m-1)(p+2)+2 \le$ $\le N \le m(p+2)$. Пусть $N = (m-1)(p+2)+r$, где $2 \le r \le p+2$. Тогда $0 \le r-2 \le$ p и

$$k(N,p,m) = N - m - 1 - \left[\frac{N-m-1}{p+1}\right] = N - m - 1 - \left[\frac{(m-1)(p+2)+r-m-1}{p+1}\right] =$$

$$= N - m - 1 - \left[\frac{mp - p + m + r - 3}{p+1}\right] = N - m - 1 - \left[\frac{m(p+1)-(p+1)+r-2}{p+1}\right] =$$

$$= N - m - 1 - \left[m - 1 + \frac{r-2}{p+1}\right] = N - m - 1 - m + 1 - \left[\frac{r-2}{p+1}\right] = N - 2m.$$

Итак, формула (2) верна при $(m-1)(p+2)+2 \le N$.

Покажем, что перевозка при такой вместимости лодки возможна. Были уничтожены m объектов $1, 1 + (p + 2), 1 + 2(p + 2), \ldots, 1 + (m - 1)(p + 2)$. На левом берегу осталось m объектов $2, 2 + (p + 2), 2 + 2(p + 2), \ldots, 2 + (m - 1)(p + 2)$. Обозначим эту группу через A_1. В лодке находится pm объектов $3, \ldots, p + 2; 3 + (p + 2), \ldots, 2(p + 2); 3 + 2(p + 2), \ldots, 3(p + 2); \ldots; 3 + (m - 1)(p + 2), \ldots, m(p + 2)$. Разделим их на 2 группы: A_2: $3,\ 3 + (p + 2),\ 3 + 2(p + 2), \ldots, 3 + (m - 1)(p + 2)$. B – все остальные.

Остальные $N - (p+2)m$ объектов ряда разделим на 3 группы:

C_1: $m(p + 2) + 1,\quad m(p + 2) + 1 + (p + 1),\quad \ldots\quad,\quad m(p + 2) + 1 + s_1(p + 1)$, где $s_1 = \left[\frac{N - (p+2)m - 1}{p+1}\right]$.

C_2: $m(p + 2) + 2, m(p + 2) + 2 + (p + 1), \ldots, m(p + 2) + 2 + s_2(p + 1)$, где $s_2 = s_1$, если число $N - (p+2)m$ имеет остаток от деления на $p + 1$ больше либо равный 2 или 0, и $s_2 = s_1 - 1$, если $N - (p+2)m$ имеет остаток от деления на $p + 1$ равный 1.

D: Все остальные числа от $m(p + 2) + 1$ до N, не вошедшие в C_1 и C_2.

Группу C_1 также оставим на левом берегу, а C_2, D поместим в лодку.

Если $s_2 = s_1 - 1$, то схема перемещения показана в таблице 3.1:

Таблица 3.1

Левый берег		Лодка		Правый берег
A_1, A_2, B, C_1, C_2, D				
A_1, C_1	$\longrightarrow$	A_2, B, C_2, D	$\longrightarrow$	A_2, B, C_2, D
A_1, B, C_1, D	$\longleftarrow$	B, D	$\longleftarrow$	A_2, C_2
$A_1,$ $C_1 \backslash \{m(p + 2) + 1\}$	$\longrightarrow$	B, D $\{m(p + 2) + 1\}$	$\longrightarrow$	$A_2, B, C_2, D,$ $\{m(p + 2) + 1\},$
A_1, A_2, B, C_2, D $C_1 \backslash \{m(p + 2) + 1\}$	$\longleftarrow$	A_2, B, C_2, D	$\longleftarrow$	$\{m(p + 2) + 1\},$
A_2, C_2	$\longrightarrow$	A_1, B, D $C_1 \backslash \{m(p + 2) + 1\}$	$\longrightarrow$	A_1, B, C_1, D
A_2, B, C_2, D	$\longleftarrow$	B, D	$\longleftarrow$	A_1, C_1
	$\longrightarrow$	A_2, B, C_2, D	$\longrightarrow$	A_1, A_2, B, C_1, C_2, D

Если $s_2 = s_1$ то схема перемещения показана в таблице 3.2:

Таблица 3.2

Левый берег		Лодка		Правый берег
A_1, A_2, B, C_1, C_2, D				
A_1, C_1	$\longrightarrow$	A_2, B, C_2, D	$\longrightarrow$	A_2, B, C_2, D
A_1, B, C_1, D	$\longleftarrow$	B, D	$\longleftarrow$	A_2, C_2
	$\longrightarrow$	A_1, B, C_1, D	$\longrightarrow$	A_1, A_2, B, C_1, C_2, D

■

Частные случаи

Случай 4.

Пусть $p = 1, m = 1$. Тогда $k = k(N,1,1) = N - 2 - \left[\frac{N-2}{2}\right] = N - 1 - \left[\frac{N}{2}\right]$.

Пример:$N = 7, p = 1, m = 1$. Тогда $k = 7 - 1 - \left[\frac{7}{2}\right] = 3$.Схема переправления показана в таблице 3.3:

Таблица 3.3

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7				
~~1~~246	→	3 5 7	→	3 5 7
246	←		←	3 5 7
	→	24 6	→	2 3 4 5 6 7

Объект 1 был уничтожен.

Случай 5.

Пусть $p = 1, m = 2$. Тогда $k = k(N,1,2) = N - 3 - \left[\frac{N-3}{2}\right]$.

Пример: $N = 7, p = 1, m = 2$. Тогда $k = 4 - \left[\frac{4}{2}\right] = 2$.Схема переправления показана в таблице 3.4:

Таблица 3.4

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7				
~~1~~2~~4~~ 5 7	→	3 6	→	3 6
2 5 7	←		←	3 6
25	→	7	→	3 6 7
2 3 5 6	←	3 6	←	7
3 6	→	2 5	→	25 7
3 6	←		←	2 5 7
	→	3 6	→	2 3 56 7

Объекты 1 и 4 были уничтожены.

Пример: $N = 19, p = 1, m = 5$. Тогда $k = 13 - \left[\frac{13}{2}\right] = 7$.Схема переправления показана в таблице 3.5:

Таблица 3.5

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19				
~~1~~2~~4~~ 5 ~~7~~ 8 ~~10~~ 11 ~~13~~ 14 1618	®	3 6 9 12 15 17 19	®	3 6 9 12 15 17 19
2 5 8 11 14 1618	¬		¬	3 6 9 12 15 17 19
	®	2 5 8 11 14 1618	®	2 3 5 6 8 9 11 12 14 15 16 17 18 19

Объекты 1,4, 7, 10, 13 были уничтожены.

Пример: $N = 13, p = 3, m = 2$. Тогда $k = 10 - \left[\frac{10}{4}\right] = 8$.Схема переправления показана в таблице 3.6:

Таблица 3.6

Левый берег		Лодка		Правый берег
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13				
~~**1**~~ 2 ~~**6**~~ 7 11	®	3 4 58 9 10 12 13	®	3 4 5 8 9 10 12 13
2 4 5 7 9 10 11 13	¬	4 5 9 10 13	¬	3 8 12
	®	2 4 5 7 9 10 11 13	®	2 3 4 5 7 8 9 10 11 12 13

Объекты 1,6 были уничтожены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходная постановка задачи была полностью решена, было найдено наименьшее значение k при переправлении 6 животных и сыра, наименьшее значение k, при котором торговец, перевозя в лодке не более k объектов, сможет их переправить на другой берег реки так чтобы ни один объект не пострадал ($m = 0$) и чтобы пострадало не более m объектов. А также были рассмотрены примеры частных случаев общей постановки задачи.

Полученные формулы в доказанных теормах позволяют найти наименьшее количество мест в лодке при любом количестве перевозимых в ней объектов и соблюдении всех заданных условий.