

LATVIJAS VALSTS UNIVERSITATE  
PSRS AUGSTAKĀS IZGLĪTĪBAS MINISTRIJA  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР  
ЛАТВИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ZINĀTNISKIE RAKSTI**  
**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

XIII SĒJUMS • XIII ТОМ

RĪGA 1957 РИГА

LATVIJAS VALSTS UNIVERSITĀTE  
PSRS AUGSTĀKĀS IZGLĪTĪBAS MINISTRIJA  
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР  
ЛАТВИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ZINĀTNISKIE RAKSTI УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

XIII SĒJUMS \* ТОМ XIII

RĪGĀ 1957 РИГА



REDAKCIJAS KOLEĢIJA.

Technisko zinātņu doktors, profesors J. G. Panovko

Technisko zinātņu kandidats, docents K. K. Gailis

Technisko zinātņu kandidats, docenta v. i. J. B. Vasermanis

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Доктор технических наук, профессор Я. Г. Пановко

Кандидат технических наук, доцент К. К. Гайлис

Кандидат технических наук, и. о. доцента Е. Б. Васерман



TECHNISKĀS ZINĀTNES  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

4. IZLAIDUMS \* ВЪПУСК 4

*Veltīts Oktobra revolūcijas  
40. gadadienai*

*Посвящается 40-й годовщине  
Великого Октября*

Е. Б. ВАСЕРМАН, кандидат технических наук

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ КРУГОВОЙ АРКИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОВЕДЕНИИ НАГРУЗКИ В ПРОЦЕССЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

### Введение

В настоящей статье рассматриваются свободные колебания и устойчивость *нагруженных* равномерно распределенной радиальной нагрузкой круговых арок при пространственных деформациях, причем предполагается, что в процессе деформирования возможны следующие три случая поведения нагрузки:

- I. Нагрузка остается нормальной к искривленной оси арки.
- II. Нагрузка остается нормальной к неискривленной оси арки, т. е. остается параллельной своему первоначальному направлению.
- III. Нагрузка остается направленной к центру первоначальной формы арки.

Приближенную формулу для определения низших собственных частот симметричных пространственных колебаний *ненагруженной* бесшарнирной арки получил, применяя метод Рэлея, Ф. Х. Браун в 1934 г. [1].

Точные уравнения частот симметричных и антисимметричных пространственных колебаний для *ненагруженной* бесшарнирной арки получил в 1936 г. К. Федергофер [2]. В этой же работе с помощью метода Рэлея выведена приближенная формула для низшей собственной частоты пространственных антисимметричных колебаний такой же арки.

Как Браун, так и Федергофер при подсчете потенциальной и кинетической энергии приняли две *различные* функции, что делает неясным вопрос о знаке результирующей ошибки.

В 1955 г. А. Б. Моргаевский [3] вывел точные уравнения частот, как для симметричных, так и для антисимметричных колебаний, для случая, когда арка нагружена радиальной нагрузкой, остающейся в процессе колебаний параллельной начальной неискривленной плоскости арки (случай II). Так как дифференциальное уравнение для формы колебаний состав-

лено им относительно крутящего момента, по отношению к которому граничные условия выражаются сложно (ср. выражения [1.27] данной работы с граничными условиями (9) — (11) работы [3]), решение оказалось сравнительно громоздким.

Работа содержит ошибку <sup>1)</sup> и несколько опечаток.<sup>2)</sup>

## § 1. Уравнения частот

Для получения точных уравнений частот воспользуемся следующими дифференциальными уравнениями для формы колебаний кругового стержня (см. [4]):

Для случая I

$$\bar{v}^{VI} + (2+q)\bar{v}^{IV} + (1+q-f)\bar{v}^{II} + \lambda\bar{f}\bar{v} = 0 \quad (1.01)$$

Для случая II

$$\bar{v}^{VI} + (2+q)\bar{v}^{IV} + (1-\lambda q-f)\bar{v}^{II} + \lambda\bar{f}\bar{v} = 0 \quad (1.02)$$

Для случая III

$$\bar{v}^{VI} + (2+q)\bar{v}^{IV} + (1+q-\lambda q-f)\bar{v}^{II} + \lambda(f-q)\bar{v} = 0 \quad (1.03)$$

Здесь

$\bar{v}$  — перемещение перпендикулярное плоскости арки (черточкой над буквой обозначено, что данная функция зависит только от полярной координаты сечения, т. е. центрального угла  $\Theta$ );

$q = \frac{pR^3}{B_x}$  — безразмерный параметр нагрузки;

$p$  — интенсивность нагрузки;

$R$  — радиус оси арки;

$B_x = EI_x$  — жесткость изгиба в направлении перпендикулярном плоскости оси арки;

$f = \frac{mR^4}{B_x} \omega^2$  — безразмерный параметр частоты;

<sup>1)</sup> В выражениях (10), (21) и в значении  $m$  (стр. 31) вместо  $1 - \frac{A}{C}$  должно быть  $1 + \frac{A}{C}$ . Эта ошибка повлияла на окончательный результат приведенного численного примера (вместо  $U^4 = 68$  должно быть  $U^4 = 60$ ).

<sup>2)</sup> В выражениях (9) и (21) вместо  $+V^2 \frac{A}{C} L$  должно быть  $-V^2 \frac{A}{C} L$ ; В выражении (10) перед фигурной скобкой недостает множитель  $\frac{1}{V^2 + U^4}$ , что на результат не влияет.



$m$  — масса единицы длины арки;

$\omega$  — частота колебаний;

$\lambda = \frac{B_x}{C}$  — отношение жесткости изгиба к жесткости кручения;

$C = GI_k$  — жесткость кручения;

Римскими цифрами обозначены производные по центральному углу  $\Theta$  (отсчитываемому от оси симметрии по ходу часовой стрелки).

Отметим, что при выводе уравнений (1.01) — (1.03) было, как обычно, предположено следующее:

- 1) размеры поперечного сечения арки малы по сравнению с его радиусом;
- 2) одна из главных центральных осей поперечного сечения расположена в плоскости кривизны арки;
- 3) влияние инерции вращения и поперечной силы пренебрежительно малы;
- 4) перемещения и деформации малы;
- 5) ось арки нерастяжима.

Частный интеграл уравнений (1.01) — (1.03) принимаем в виде

$$\bar{v} = a \sin(n\Theta + \alpha)$$

Тогда получаем следующие характеристические уравнения:

Для случая I

$$n^2(n^2 - 1)(n^2 - 1 - q) - f(n^2 + \lambda) = 0 \quad (1.04)$$

Для случая II

$$n^2[(n^2 - 1)^2 - q(n^2 + \lambda)] - f(n^2 + \lambda) = 0 \quad (1.05)$$

Для случая III

$$(n^2 - 1)[n^2(n^2 - 1) - q(n^2 + \lambda)] - f(n^2 + \lambda) = 0 \quad (1.06)$$

Для дальнейшего необходимо выразить угол поворота сечения арки вокруг касательной к оси арки —  $\gamma$  через линейное перемещение  $\bar{v}$ . Для этого составляем уравнения движения элемента арки.

Как известно, в случае, когда осевая линия плоская кривая и одна из главных центральных осей любого поперечного сечения расположена в плоскости кривизны стержня, система уравнений состоит из двух групп: одна группа характеризует перемещения и деформации в собственной плоскости арки, а дру-

гая группа определяет перемещения и деформации из плоскости и имеет следующий вид:

$$Q_y^I - R\delta p N_z + R p_y - mR \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \quad (1.07)$$

$$M_x^I + M_z - RQ_y = 0 \quad (1.08)$$

$$M_z^I - M_x = 0 \quad (1.09)$$

Здесь:

$x, y, z$  — левая система прямоугольных координат, связанная с осью арки, после ее деформации. Ось  $z$  направлена по касательной к оси арки в сторону возрастания дуги; оси  $x$  и  $y$  совпадают с главными центральными осями инерции арки, причем их направления выбраны так, чтобы вся система координат была левой;

$Q_y$  — поперечная сила;

$\delta p$  — приращение главного компонента кривизны;

$N_z$  — нормальная сила;

$p_y$  — проекция интенсивности нагрузки на ось  $y$ ;

$M_x$  — изгибающий момент;

$M_z$  — крутящий момент.

Преобразуем уравнение (1.07), представив нормальную силу в процессе колебаний в виде суммы

$$N_z = -pR + N \quad (1.10)$$

где  $N$  — приращение нормальной силы вследствие колебаний.

Принимая при этом пропорциональную зависимость между изгибающим моментом и изменением кривизны стержня:

$$\delta p = \frac{M_x}{B_x} \quad (1.11)$$

и считая величину  $N\delta p$  пренебрежительно малой, получаем вместо (1.07)

$$Q_y^I + pR^2 \frac{M_x}{B_x} + R p_y - mR \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \quad (1.12)$$

где  $v = v(\theta, t)$

Дифференцируя (1.08) по  $\Theta$  и подставляя значения  $Q_y^I$  и  $M_z^I$  из (1.09) и (1.12), имеем:

$$M_x^{II} + (1+q)M_x + R^2 p_y - mR^2 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0 \quad (1.13)$$

Это уравнение содержит две неизвестные функции  $M_x$  и  $v$ . Для составления еще одного уравнения используем следующие две известные зависимости:

$$M_x = \frac{B_x}{R} \left( -\frac{1}{R} v^{II} + \gamma \right) \quad (1.14)$$

$$M_z = \frac{C}{R} \left( \gamma^I + \frac{1}{R} v^I \right) \quad (1.15)$$

Определим  $\gamma$  из (1.14), подставим в (1.15) и полученное выражение продифференцируем по  $\Theta$  и учитывая (1.09), получим:

$$-M_x^{II} + \lambda M_x - \frac{B_x}{R^2} (v^{IV} + v^{II}) = 0 \quad (1.16)$$

Складывая (1.13) и (1.16), получаем:

$$(1+q+\lambda)M_x = \frac{B_x}{R^2} (v^{IV} + v^{II}) - R^2 p_y + mR^2 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad (1.17)$$

Подставляя (1.14) в (1.17) и принимая

$$v = \bar{v} \cdot a \sin(\omega t + a)$$

получаем после некоторых преобразований,

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{v}^{IV} + (2 + \lambda + q)\bar{v}^{II} - \bar{v} - \frac{R^4}{B_x} p_y}{R(1 + q + \lambda)} \quad (1.18)$$

Рассматривая только малые перемещения, можно вывести следующие зависимости для различных случаев поведения нагрузки в процессе деформации (см. [5] стр. 654).

$$\text{I} \quad p_y = 0 \quad (1.19)$$

$$\text{II} \quad p_y = -p\gamma \quad (1.20)$$

$$\text{III} \quad p_y = -p \left( \gamma + \frac{v}{R} \right) \quad (1.21)$$

Последовательно подставляя (1.19) (1.20) и (1.21) в (1.18) и обозначая

$$2 + \lambda + q = K \quad (1.22)$$

получаем:

Для случая I:

$$\gamma = \frac{\bar{v}^{IV} + K\bar{v}^{II} - f\bar{v}}{R(1 + \lambda + q)} \quad (1.23)$$

Для случая II,

$$\gamma = \frac{\bar{v}^{IV} + K\bar{v}^{II} - f\bar{v}}{R(1 + \lambda)} \quad (1.24)$$

Для случая III:

$$\gamma = \frac{\bar{v}^{IV} + K\bar{v}^{II} + (q - f)\bar{v}}{R(1 + \lambda)} \quad (1.25)$$

Обратимся теперь к вопросу о граничных условиях.

Формы пространственных колебаний радиально нагруженного кругового стержня определяются уравнениями (1.01) — (1.03).

Общий интеграл этих уравнений

$$\bar{v} = \sum_{k=1}^3 (A_k \cos n_k \Theta + B_k \sin n_k \Theta) \quad (1.26)$$

содержит шесть постоянных, определяемых граничными условиями. Граничными условиями для бесшарнирной арки (а также для двухшарнирной арки с шарнирами, оси которых расположены перпендикулярно плоскости арки) являются:

$$\left. \begin{array}{l} 1) \bar{v} = 0 \\ 2) \bar{a} = 0 \\ 3) \bar{\gamma} = 0 \end{array} \right\} \text{при } \Theta = \pm \Theta_0$$

(отсчет углов  $\Theta$  от оси симметрии).

Учитывая, что

$$a = -\frac{1}{R} v^I$$

второе условие можно выразить так:

$$\bar{v}^I = 0 \quad \text{при } \Theta = \pm \Theta_0$$

Третье условие, при учете (1.23) — (1.25), а также первого условия дает:

$$\bar{v}^{IV} + K\bar{v}^{II} = 0 \quad \text{при } \Theta = \pm\Theta_0$$

Итак, граничные условия выражаются через  $\bar{v}$  и его производные следующим образом:

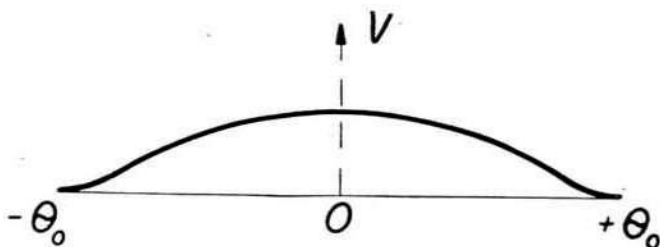
$$\left. \begin{array}{l} 1) \bar{v} = 0 \\ 2) \bar{v}' = 0 \\ 3) \bar{v}^{IV} + K\bar{v}^{II} = 0 \end{array} \right\} \text{при } \Theta = \pm\Theta_0 \quad (1.27)$$

Эти граничные условия дают следующую систему шести уравнений:

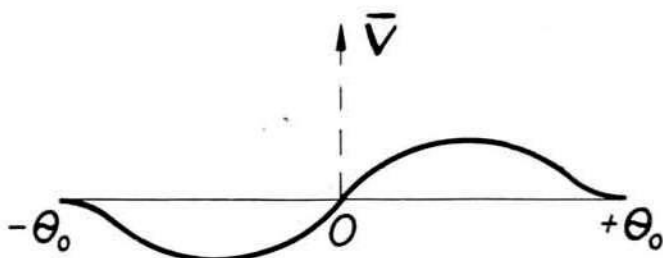
$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^3 (A_k \cos n_k \Theta_0 + B_k \sin n_k \Theta_0) &= 0 \\ \sum_{k=1}^3 (-A_k n_k \sin n_k \Theta_0 + B_k n_k \cos n_k \Theta_0) &= 0 \\ \sum_{k=1}^3 [A_k n_k^2 (n_k^2 - K) \cos n_k \Theta_0 + B_k n_k^2 (n_k^2 - K) \sin n_k \Theta_0] &= 0 \\ \sum_{k=1}^3 (A_k \cos n_k \Theta_0 - B_k \sin n_k \Theta_0) &= 0 \quad (1.28) \\ \sum_{k=1}^3 (A_k n_k \sin n_k \Theta_0 + B_k n_k \cos n_k \Theta_0) &= 0 \\ \sum_{k=1}^3 [A_k n_k^2 (n_k^2 - K) \cos n_k \Theta_0 - B_k n_k^2 (n_k^2 - K) \sin n_k \Theta_0] &= 0 \end{aligned}$$

Рассмотрим отдельно симметричные и антисимметричные колебания.





Фиг. 1.  
Пространственная симметричная форма колебаний арки по одной полуволне



Фиг. 2.  
Пространственная антисимметричная форма колебаний арки с двумя полуволнами

Симметричной форме колебаний по одной полуволне (фиг. 1) соответствует более низкая частота, чем антисимметричной форме с двумя полуволнами (фиг. 2). Вследствие условия симметрии колебаний  $B_k = 0$ , в системе уравнений (1.28) первое уравнение совпадает с четвертым, второе — с пятым и третье с шестым; уравнения принимают вид:

$$A_1 \cos n_1 \Theta_0 + A_2 \cos n_2 \Theta_0 + A_3 \cos n_3 \Theta_0 = 0$$

$$A_1 n_1 \sin n_1 \Theta_0 + A_2 n_2 \sin n_2 \Theta_0 + A_3 n_3 \sin n_3 \Theta_0 = 0$$

$$A_1 m_1^2 \cos n_1 \Theta_0 + A_2 m_2^2 \cos n_2 \Theta_0 + A_3 m_3^2 \cos n_3 \Theta_0 = 0$$

где

$$m_k^2 = n_k^2 (n_k^2 - K) \quad (1.29)$$

Полученная система однородных уравнений дает ненулевое решение при условии:

$$\begin{vmatrix} \cos n_1\Theta_0, & \cos n_2\Theta_0, & \cos n_3\Theta_0 \\ n_1 \sin n_1\Theta_0, & n_2 \sin n_2\Theta_0, & n_3 \sin n_3\Theta_0 \\ m_1^2 \cos n_1\Theta_0, & m_2^2 \cos n_2\Theta_0, & m_3^2 \cos n_3\Theta_0 \end{vmatrix} = 0$$

Развертывая определитель, получаем после некоторых преобразований уравнение частот:

$$\begin{aligned} & n_1(n_2^2 - n_3^2)(n_2^2 + n_3^2 - K) \operatorname{tg} n_1\Theta_0 + \\ & + n_2(n_3^2 - n_1^2)(n_3^2 + n_1^2 - K) \operatorname{tg} n_2\Theta_0 + \\ & + n_3(n_1^2 - n_2^2)(n_2^2 + n_1^2 - K) \operatorname{tg} n_3\Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (1.30-a)$$

Здесь  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$  — корни характеристических уравнений (1.04) — (1.06).

Аналогично для антисимметрических колебаний  $A_k = 0$  и частотное уравнения принимает вид:

$$\begin{aligned} & n_1(n_2^2 - n_3^2)(n_2^2 + n_3^2 - K) \operatorname{ctg} n_1\Theta_0 + \\ & + n_2(n_3^2 - n_1^2)(n_3^2 + n_1^2 - K) \operatorname{ctg} n_2\Theta_0 + \\ & + n_3(n_1^2 - n_2^2)(n_1^2 + n_2^2 - K) \operatorname{ctg} n_3\Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (1.31-a)$$

где  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  — корни характеристических уравнений (1.04) — (1.06).

Преобразуем частотные уравнения (1.30) и (1.31) так, чтобы они содержали только действительные числа. Используя существующие зависимости между корнями кубического уравнения и его коэффициентами, можно доказать, что корни полученных из (1.04) — (1.06) подстановкой  $y = n^2$  кубических уравнений могут быть следующими:

- а) все три корня положительны;
- б) один корень положительный и два отрицательных;
- в) один корень положительный и два комплексно сопряженных.

Случай а.

Здесь можно пользоваться непосредственно уравнениями (1.30-а) и (1.31-а).

Случай б.

Обозначая корни кубического уравнения через:

$$y_1, \quad -y_2, \quad -y_3$$

где  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$  — положительные величины, получаем вместо уравнения (1.30-а)

$$\begin{aligned} & \sqrt{y_1}(y_2 - y_3)(y_2 + y_3 + K) \operatorname{tg} \sqrt{y_1}\Theta_0 + \\ & + \sqrt{y_2}(y_3 + y_1)(-y_3 + y_1 - K) \operatorname{th} \sqrt{y_2}\Theta_0 + \\ & + \sqrt{y_3}(y_1 + y_2)(-y_1 + y_2 + K) \operatorname{th} \sqrt{y_3}\Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (1.30-б)$$

и вместо уравнения (1.31-а):

$$\begin{aligned} & \sqrt{y_1}(y_2 - y_3)(y_2 + y_3 + K) \operatorname{ctg} \sqrt{y_1}\Theta_0 - \\ & - \sqrt{y_2}(y_3 + y_1)(-y_3 + y_1 - K) \operatorname{cth} \sqrt{y_2}\Theta_0 - \\ & - \sqrt{y_3}(y_1 + y_2)(-y_1 + y_2 + K) \operatorname{cth} \sqrt{y_3}\Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (1.31-б)$$

Случай в.

Пусть кубическое уравнение имеет корни:

$$\begin{aligned} & y_1 \text{ — положительное число,} \\ & y_2 = a + bi, \quad y_3 = a - bi. \end{aligned}$$

Тогда корни характеристических уравнений будут такими:

$$n_1 = \sqrt{y_1} \quad n_2 = m + ni \quad n_3 = m - ni$$

где

$$m = \sqrt{\frac{1}{2}(\sqrt{a^2 + b^2} + a)} \quad n = \sqrt{\frac{1}{2}(\sqrt{a^2 + b^2} - a)}$$

Подставляя в (1.30-а) и (1.31-а) значения корней, получаем частотные уравнения в следующем виде:

вместо уравнения (1.30-а)

$$\begin{aligned} & (Mm - Nn) \operatorname{sh} 2n\Theta_0 + (Mn + Nm) \sin 2m\Theta_0 - \\ & - n_1 N (\cos 2m\Theta_0 + \operatorname{ch} 2n\Theta_0) \operatorname{tg} n_1\Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (1.30-в)$$

вместо уравнения (1.31-а)

$$(Mm - Nn) \operatorname{sh} 2n\Theta_0 - (Mn + Nm) \sin 2m\Theta_0 - \\ - n_1 N (\cos 2m\Theta_0 - \operatorname{ch} 2n\Theta_0) \operatorname{ctg} n_1 \Theta_0 = 0 \quad (1.31-в)$$

где

$$M = \left( y_1 - \frac{\kappa}{2} \right)^2 - \left( a - \frac{\kappa}{2} \right)^2 + b^2 \\ N = 2b \left( a - \frac{\kappa}{2} \right)$$

## § 2. Критические нагрузки

С помощью полученных выше зависимостей может быть решена задача статической устойчивости арки. Остановимся сначала на случай I:

Полагая  $f=0$  получаем вместо параметра нагрузки  $q$  коэффициент устойчивости  $q_{kp}$  и вместо уравнения (1.01) следующее уравнение:

$$\bar{v}^{VI} + (2 + q_{kp}) \bar{v}^{IV} + (1 + q_{kp}) \bar{v}^{II} = 0 \quad (2.01)$$

Тогда вместо характеристического уравнения (1.04) имеем следующее:

$$n^2(n^2 - 1)(n^2 - 1 - q_{kp}) = 0 \quad (2.02)$$

Уравнение (2.02) имеет следующие 6 корней:

$$\begin{aligned} n_1 &= \sqrt{1 + q_{kp}} & n_2 &= 1 & n_3 &= 0 \\ n_4 &= -\sqrt{1 + q_{kp}} & n_5 &= -1 & n_6 &= 0 \end{aligned} \quad (2.03)$$

Общий интеграл уравнения (2.01) получает вид:

$$\bar{v} = A_1 \cos n_1 \Theta + B_1 \sin n_1 \Theta + A_2 \cos \Theta + B_2 \sin \Theta + \\ + A_3 + B_3 \Theta$$

В случае симметричной деформации  $B_k=0$  и граничные условия (1.27) дают следующие три уравнения:

$$\begin{aligned} A_1 \cos n_1 \Theta_0 + A_2 \cos \Theta_0 + A_3 &= 0 \\ A_1 n_1 \sin n_1 \Theta_0 + A_2 \sin \Theta_0 &= 0 \\ A_1 n_1^2 (n_1^2 - K) \cos n_1 \Theta_0 - A_2 (K - 1) \cos \Theta_0 &= 0 \end{aligned}$$

Определитель этих уравнений, приравненный нулю, имеет вид:

$$\begin{vmatrix} \cos n_1 \Theta_0, & \cos \Theta_0, & 1 \\ n_1 \sin n_1 \Theta_0, & \sin \Theta_0, & 0 \\ n_1^2 (n_1^2 - K) \cos n_1 \Theta_0, & -(K - 1) \cos \Theta_0, & 0 \end{vmatrix} = 0$$

Отсюда получаем:

$$\frac{\operatorname{tg} n_1 \Theta_0}{\operatorname{tg} \Theta_0} = \frac{n_1(1 + \lambda)}{n_1^2 + \lambda} \quad 1) \quad (2.04)$$

где согласно (2.03)  $n_1^2 = 1 + q_{kp}$

При антисимметричной деформации, когда  $A_k=0$  граничные условия (1.27) дают:

$$\begin{aligned} B_1 \sin n_1 \Theta_0 + B_2 \sin \Theta_0 + B_3 \Theta_0 &= 0 \\ B_1 n_1 \cos n_1 \Theta_0 + B_2 \cos \Theta_0 + B_3 &= 0 \\ B_1 n_1^2 (n_1^2 - K) \sin n_1 \Theta_0 - B_2 (K - 1) \sin \Theta_0 &= 0 \end{aligned}$$

Составляя определитель коэффициентов  $B_k$  и приравнявая его нулю, мы после некоторых преобразований получаем:

$$\frac{n_1 \Theta_0 \operatorname{ctg} n_1 \Theta_0 - 1}{\Theta_0 \operatorname{ctg} \Theta_0 - 1} = \frac{n_1^2 (1 + \lambda)}{n_1^2 + \lambda} \quad 2) \quad (2.05)$$

где согласно (2.03)  $n_1^2 = 1 + q_{kp}$

В случае II аналогично получаем вместо (1.02) и (1.05) уравнения:

$$\bar{v}^{VI} + (2 + q_{kp}) \bar{v}^{IV} + (1 - \lambda q_{kp}) \bar{v}^{II} = 0 \quad (2.06)$$

$$n^2 [(n^2 - 1)^2 - q_{kp} (n^2 + \lambda)] = 0 \quad (2.07)$$

1) Этот результат совпадает с выводом Е. Л. Николаи ([6] стр. 371).

2) Этот результат совпадает с результатом Е. Л. Николаи ([6] стр. 372).



Корни характеристического уравнения (2.07):

$$\begin{aligned} n_1^2 &= \frac{q_{kp} + 2 + \sqrt{q_{kp}^2 + 4q_{kp} + 4\lambda q_{kp}}}{2} \\ n_2^2 &= \frac{q_{kp} + 2 - \sqrt{q_{kp}^2 + 4q_{kp} + 4\lambda q_{kp}}}{2} \\ n_3^2 &= 0 \end{aligned} \quad (2.08)$$

Общий интеграл уравнения (2.06) принимает вид:

$$\bar{v} = A_1 \cos n_1 \Theta + B_1 \sin n_1 \Theta + A_2 \cos n_2 \Theta + B_2 \sin n_2 \Theta + A_3 + B_3 \Theta$$

При учете симметрии ( $B_k = 0$ ) граничные условия дают систему уравнений:

$$\begin{aligned} A_1 \cos n_1 \Theta_0 + A_2 \cos n_2 \Theta_0 + A_3 &= 0 \\ A_1 n_1 \sin n_1 \Theta_0 + A_2 n_2 \sin n_2 \Theta_0 &= 0 \\ A_1 n_1^2 (n_1^2 - K) \cos n_1 \Theta_0 + A_2 n_2^2 (n_2^2 - K) \cos n_2 \Theta_0 &= 0 \end{aligned}$$

Составляя определитель коэффициентов и приравнивая его нулю, мы после преобразований получаем:

$$\frac{\operatorname{tg} n_1 \Theta_0}{\operatorname{tg} n_2 \Theta_0} = \frac{n_1 (n_1^2 - K)}{n_2 (n_2^2 - K)} \quad (2.09)$$

При антисимметричной деформации  $A_k = 0$  и из граничных условий (1.27) имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} B_1 \sin n_1 \Theta_0 + B_2 \sin n_2 \Theta_0 + B_3 \Theta_0 &= 0 \\ B_1 n_1 \cos n_1 \Theta_0 + B_2 n_2 \cos n_2 \Theta_0 + B_3 &= 0 \\ B_1 n_1^2 (n_1^2 - K) \sin n_1 \Theta_0 + B_2 n_2^2 (n_2^2 - K) \sin n_2 \Theta_0 &= 0 \end{aligned}$$

Далее, как и выше приравниваем нулю определитель из коэффициентов системы и после преобразований получаем:

$$\frac{n_1 \Theta_0 \operatorname{ctg} n_1 \Theta_0 - 1}{n_2 \Theta_0 \operatorname{ctg} n_2 \Theta_0 - 1} = \frac{n_1^2 (n_1^2 - K)}{n_2^2 (n_2^2 - K)} \quad (2.10)$$

<sup>1)</sup> Для этого случая уравнение другого вида получил С. П. Тимошенко ([7] стр. 360) или ([8] стр. 296).

Обратимся теперь к случаю III. Вместо (1.03) и (1.06) получаем:

$$\bar{v}^{VI} + (2 + q_{kp})\bar{v}^{IV} + (1 + q_{kp} - \lambda q_{kp})\bar{v}^{II} - \lambda q_{kp}\bar{v} = 0 \quad (2.11)$$

$$(n_2 - 1)[n^2(n^2 - 1) - (n^2 + \lambda)q_{kp}] = 0 \quad (2.12)$$

Характеристическое уравнение (2.12) имеет следующие корни:

$$\begin{aligned} n_1^2 &= \frac{q_{kp} + 1 + \sqrt{q_{kp}^2 + 1 + 2q_{kp}(1 + 2\lambda)}}{2} \\ n_2^2 &= \frac{q_{kp} + 1 - \sqrt{q_{kp}^2 + 1 + 2q_{kp}(1 + 2\lambda)}}{2} \\ n_3^2 &= 1 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Общий интеграл уравнения (2.11) принимает вид:

$$\begin{aligned} \bar{v} &= A_1 \cos n_1 \Theta + B_1 \sin n_1 \Theta + A_2 \cos n_2 \Theta + \\ &+ B_2 \sin n_2 \Theta + A_3 \cos \Theta + B_3 \sin \Theta \end{aligned}$$

В случае симметричной деформации, когда  $B_k = 0$ , граничные условия дают следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} A_1 \cos n_1 \Theta_0 + A_2 \cos n_2 \Theta_0 + A_3 \cos \Theta_0 &= 0 \\ A_1 n_1 \sin n_1 \Theta_0 + A_2 n_2 \sin n_2 \Theta_0 + A_3 \sin \Theta_0 &= 0 \\ A_1 m_1^2 \cos n_1 \Theta_0 + A_2 m_2^2 \cos n_2 \Theta_0 + A_3 m_3^2 \cos \Theta_0 &= 0 \end{aligned}$$

где  $m_k^2$  согласно (1.29).

Приравняв нулю определитель этой системы, находим:

$$\begin{aligned} n_1(m_2^2 + 1 + \lambda + q_{kp}) \operatorname{tg} n_1 \Theta_0 - \\ - n_2(m_1^2 + 1 + \lambda + q_{kp}) \operatorname{tg} n_2 \Theta_0 + \\ + (m_1^2 - m_2^2) \operatorname{tg} \Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (2.14)$$

В случае антисимметричной деформации  $A_k = 0$  и из граничных условий получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} B_1 \sin n_1 \Theta_0 + B_2 \sin n_2 \Theta_0 + B_3 \sin \Theta_0 &= 0 \\ B_1 n_1 \cos n_1 \Theta_0 + B_2 n_2 \cos n_2 \Theta_0 + B_3 \cos \Theta_0 &= 0 \\ B_1 m_1^2 \sin n_1 \Theta_0 + B_2 m_2^2 \sin n_2 \Theta_0 + B_3 m_3^2 \sin \Theta_0 &= 0 \end{aligned}$$

Отсюда, поступая как выше, получаем:

$$\begin{aligned} n_1 [m_2^2 + (1 + \lambda + q_{kp})] \operatorname{ctg} n_1 \Theta_0 - \\ - n_2 [m_1^2 + (1 + \lambda + q_{kp})] \operatorname{ctg} n_2 \Theta_0 + \\ + (m_1^2 - m_2^2) \operatorname{ctg} \Theta_0 = 0 \end{aligned} \quad (2.15)$$

Полученные в этом параграфе *точные* решения требуют сравнительно большой вычислительной работы; поэтому в следующем параграфе будут даны более простые приближенные решения.

### § 3. Приближенное определение частот и критических нагрузок

(Симметричная деформация)

Примем в качестве аппроксимирующей функции следующее выражение:

$$\bar{v} = A \left[ 1 - 2 \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^2 + \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^4 \right] + B \left( 1 + \cos \frac{\pi}{\Theta_0} \Theta \right) \quad (3.01)$$

Эта функция четная и для любых  $A$  и  $B$  удовлетворяет первым двум граничным условиям (1.27). Для выполнения третьего граничного условия (1.27) определим соответственное отношение коэффициентов  $B$  к  $A$ .

Подставляя (3.01) в третье граничное условие (1.27), найдем искомое соотношение:

$$b = - \frac{B}{A} = \frac{24 + 8K\Theta_0^2}{\pi^2 (K\Theta_0^2 - \pi^2)} \quad (3.02)$$

Построив график зависимости  $\bar{v}$  от  $\Theta$  выражения (3.01), убеждаемся, что принятая аппроксимирующая функция соответствует ожидаемой форме колебаний.

Для решения задачи в случае I подставляем аппроксимирующую функцию (3.01) в уравнение (1.01) и применяем метод Бубнова-Галеркина:

$$\begin{aligned}
 & \int_{-\theta_0}^{+\theta_0} \left[ b \frac{\pi^6}{\theta_0^6} \cos \frac{\pi}{\theta_0} \Theta + (2+q) \left( \frac{24}{\theta_0^4} - b \frac{\pi^4}{\theta_0^4} \cos \frac{\pi}{\theta_0} \Theta \right) + \right. \\
 & \quad + (1+q-f) \left( -\frac{4}{\theta_0^2} + \frac{12}{\theta_0^4} \Theta^2 + b \frac{\pi^2}{\theta_0^2} \cos \frac{\pi}{\theta_0} \Theta \right) + \\
 & \quad \left. + f \lambda \left( 1 - \frac{2}{\theta_0^2} \Theta^2 + \frac{1}{\theta_0^4} \Theta^4 - b - b \cos \frac{\pi}{\theta_0} \Theta \right) \right] \cdot \\
 & \quad \cdot \left( 1 - \frac{2}{\theta_0^2} \Theta^2 + \frac{1}{\theta_0^4} \Theta^4 - b - b \cos \frac{\pi}{\theta_0} \Theta \right) d\Theta = 0
 \end{aligned}$$

После интегрирования и некоторых преобразований получаем формулу для параметра частоты:

$$f = \frac{C_1 - C_{21}q}{C_3 \theta_0^2} \quad (3.03)$$

где обозначено:

$$\begin{aligned}
 c_1 = 315 \pi^2 b^2 \left( \frac{\pi^2}{\theta_0} - \Theta_0 \right)^2 - 96 \left( 168 - 8\Theta_0^2 - 630b + 157,5b \frac{\pi^2}{\theta_0^2} + \right. \\
 \left. + 315b \frac{\theta_0^2}{\pi^2} \right)
 \end{aligned}$$

$$c_{21} = 315 \pi^2 b^2 (\pi^2 - \Theta_0^2) + 96 \left( 84 - 8\Theta_0^2 - 315b + 315b \frac{\theta_0^2}{\pi^2} \right)$$

$$c_3 = 315 \pi^2 b^2 + 768 - 30240 \frac{b}{\pi^2} + \lambda \Theta_0^2 \left( 256 - 672b + 945b^2 - 30240 \frac{b}{\pi^4} \right)$$

Полагая в (3.03)  $f=0$  получаем коэффициент устойчивости в виде

$$q_{kp} = \frac{C_1}{C_{21}} \quad (3.04)$$

В случае II аналогично предыдущему получаем для параметра частоты

$$f = \frac{C_1 - C_{2II}q}{C_3 \theta_0^2} \quad (3.05)$$

где

$$C_{2II} = 315\pi^2 b^2 (\pi^2 + \lambda \Theta_0^2) + 96 \left( 84 + 8\lambda \Theta_0^2 - 315b - 315b\lambda \frac{\Theta_0^2}{\pi^2} \right)$$

Коэффициент устойчивости определяется в виде:

$$q = \frac{C_1}{C_{2II}} \quad (3.06)$$

В случае III, подставляя (3.01) в (1.03), получаем:

$$f = \frac{C_1 - C_{2III}q}{C_3 \Theta_0^2} \quad (3.07)$$

где

$$C_{2III} = 315\pi^2 b^2 (\pi^2 - \Theta_0^2 + \lambda \Theta_0^2) + 96 \left( 84 - 8\Theta_0^2 + 8\lambda \Theta_0^2 - 315b + \right. \\ \left. + 315b \frac{\Theta_0^2}{\pi^2} - 315b\lambda \frac{\Theta_0^2}{\pi^2} \right) - 96\lambda \Theta_0^4 \left( \frac{8}{3} - 7b + \frac{315}{32} b^3 - 315 \frac{b}{\pi^4} \right)$$

Коэффициент устойчивости равен

$$q = \frac{C_1}{C_{2III}} \quad (3.08)$$

Принимая в формулах (3.03), (3.05) или (3.07)  $q=0$  получаем параметр частоты *ненагруженной* арки при симметричных колебаниях:

$$f_0 = \frac{C_1}{C_3 \Theta_0^2} \quad (3.09)$$

Сопоставляя выведенные формулы, видим, что и для арок, также как и для кольца (см. [4]) имеют место неравенства

$$f_{II} < f_{III} < f_I \quad \text{т. е.} \quad \omega_{II} < \omega_{III} < \omega_I \quad \text{и} \quad q_{IIkp} < q_{IIIkp} < q_{Ikp}$$

Этот результат говорит о том, что в случае пространственных колебаний арки при одной и той же нагрузке, наименьшими частотами обладает форма колебаний, когда нагрузка во время деформации остается параллельной своему первоначальному направлению, а наивысшими частотами — случай гидростатической нагрузки. Таким образом при пространственных колебаниях наиболее важным является случай II, а наименее важным случай I (гидростатическое давление).



Следует иметь в виду, что в формулах (3.03)—(3.09) параметр  $b$  согласно (3.02) и (1.22) зависит от величины  $q$ .

Поэтому график зависимости  $\dot{f}$  от  $q$  не является прямой, как это имеет место в плоской задаче. Для вычисления частот нужно при данном  $q$  определить по (3.02) параметр  $b$ , а затем и параметр частоты  $f$ . Что касается коэффициентов устойчивости  $q_{кр}$ , то они определяются методом последовательных приближений.

Приближенную формулу для определения низшей частоты симметричных колебаний *ненагруженной* арки другим путем вывел Ф. Браун ([1] стр. 41).

При выводе Браун воспользовался методом Рэля, приняв вначале для формы колебаний линию изгиба, получаемую при нагружении ключа арки единичной силой. Тогда смещение, перпендикулярное к плоскости арки, имеет вид:

$$\bar{v} = c_1 + c_2 \sin \Theta + c_3 \cos \Theta + c_4 \Theta \sin \Theta + c_5 \Theta \cos \Theta + c_6 \Theta$$

Постоянные интегрирования определяются им из граничных условий. Это выражение используется Брауном только для вычисления потенциальной энергии.

Что касается определения кинетической энергии, то это выражение привело бы к громоздким выкладкам; поэтому Браун для вычисления кинетической энергии принимает, что смещение  $\bar{v}$  изменяется по закону:

$$\bar{v} = \frac{a}{2} \left( 1 + \cos \frac{\pi}{\Theta_0} \Theta \right)$$

Коэффициент  $a$  определяется им таким образом, чтобы смещение ключа арки, вычисленное по обоим выражениям, было бы одинаковым. В результате своих выкладок Браун получил следующую формулу:

$$f_0 = \frac{4a_2}{3\Theta_0 (a_2 a_3 - 2a_1^2)}$$

где

$$a_1 = \frac{\lambda - 1}{2} \sin^2 \Theta_0 + \lambda (\cos \Theta_0 - 1)$$

$$a_2 = 2\Theta_0 (1 + \lambda) + (1 - \lambda) \sin 2\Theta_0$$

$$a_3 = \frac{3\lambda + 1}{4} \Theta_0 - \lambda \sin \Theta_0 + \frac{\lambda - 1}{8} \sin 2\Theta_0$$

Результаты вычислений величины безразмерной частоты  $\sqrt{f_0} = \omega R^2 \sqrt{\frac{m}{B_x}}$  по формуле Брауна и формуле (3.09) помещены в таблице № 1, а сопоставление некоторых приближенных и точных решений той же величины для бесшарнирной полуциркульной арки — в таблице № 2.

Таблица № 1. Приближенные значения безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$  симметричных пространственных колебаний ненагруженной бесшарнирной арки.

$2\theta_0$	$\lambda$	По формуле Брауна	По формуле (3.09)
60°	1,25	19,80	20,42
120°	1,25	4,51	4,86
180°	1,25	1,82	1,96
60°	44	16,06	17,28
120°	44	2,84	3,04
180°	44	0,89	0,95
180°	102,2	0,63	0,67

Как видно из этой таблицы, величина безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$  существенно зависит от отношения жесткости при изгибе к жесткости кручения —  $\lambda$ , в особенности при больших центральных углах (отметим, что это не совпадает с утверждением А. Б. Моргаевского [3]).

Таблица № 2. Сопоставление приближенных и точных значений безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$  симметричных пространственных колебаний бесшарнирной полуциркульной арки ( $2\theta_0 = 180^\circ$ ).

$\lambda$	По приближенной формуле Брауна	По приближенной формуле (3.09)	Точное значение по уравнению (1.30 в)	Разница в %	
				формулы Брауна	формулы (3.09)
1,25	1,817	1,964	1,822	-0,3	+7,8
44	0,892	0,948	0,937	-4,8	+1,1

При  $2\Theta_0 = 180^\circ$  и  $\lambda = 102,2$  для третьего случая поведения нагрузки по приближенной формуле (3.08) оказалось  $q_{кр} = 0,69$ , что отличается от точного результата ( $q_{кр} = 0,65$ ) соответствующего решения (2.14) на 6,2%.

#### § 4. Приближенное определение частот и критических нагрузок

(Антисимметричная деформация)

Аппроксимирующую функцию для этого случая примем в виде:

$$\bar{v} = A \left[ \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right) - 2 \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^3 + \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^5 \right] + B \left[ \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right) - 3 \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^5 + 2 \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^7 \right] \quad (4.01)$$

Эта функция удовлетворяет условию антисимметрии  $\bar{v}(-\Theta) = -\bar{v}(\Theta)$  и двум граничным условиям (1.27).

Определим соотношение  $\frac{B}{A}$  таким образом, чтобы было выполнено третье условие (1.27): для этого подставляем в последнее (4.01) и находим:

$$b = -\frac{B}{A} = \frac{15 + K\Theta_0^2}{165 + 3K\Theta_0^2}$$

В случае I, подставляя (4.01) в (1.01) и применяя метод Бубнова-Галеркина, имеем:

$$\begin{aligned} & \int_{-\Theta_0}^{+\Theta_0} -\frac{10080}{\Theta_0^7} b\Theta + (2+q) \left( \frac{120}{\Theta_0^5} \Theta + \frac{360}{\Theta_0^5} b\Theta - \frac{1680}{\Theta_0^7} b\Theta^3 \right) + \\ & + (1+q-f) \left( -\frac{12}{\Theta_0^3} \Theta + \frac{20}{\Theta_0^5} \Theta^3 + \frac{60}{\Theta_0^5} b\Theta^3 - \frac{84}{\Theta_0^7} b\Theta^5 \right) + \\ & + f\lambda \left[ \frac{1}{\Theta_0} \Theta - \frac{2}{\Theta_0^3} \Theta^3 + \frac{1}{\Theta_0^5} \Theta^5 - b \left( \frac{1}{\Theta_0} \Theta - \frac{3}{\Theta_0^5} \Theta^5 + \frac{2}{\Theta_0^7} \Theta^7 \right) \right] \cdot \\ & \cdot \left[ \frac{1}{\Theta_0} \Theta - \frac{2}{\Theta_0^3} \Theta^3 + \frac{1}{\Theta_0^5} \Theta^5 - b \left( \frac{1}{\Theta_0} \Theta - \frac{3}{\Theta_0^5} \Theta^5 + \frac{2}{\Theta_0^7} \Theta^7 \right) \right] d\Theta = 0 \end{aligned}$$

Интегрируя и обозначая:

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= \frac{b}{\theta_0^2} (34594560 - 57657600b) + \\ &+ b(2745600 - 3219840b) - 823680 \\ c_2 &= 18304 - 49920b + 40320b^2 \\ c_3 &= 411840 - 1372800b + 1609920b^2 \\ c_4 &= 1664 - 4864b + 3712b^2 \end{aligned} \right\} \quad (4.02)$$

получим

$$f = \frac{c_1 + c_2\theta_0^2 - q(c_3 - c_2\theta_0^2)}{\theta_0^2(c_2 + \lambda c_4\theta_0^2)} \quad (4.03)$$

Полагая здесь  $f=0$ , находим коэффициент устойчивости

$$q_{кр} = \frac{c_1 + c_2\theta_0^2}{c_3 - c_2\theta_0^2} \quad (4.04)$$

В случае II, подставляя (4.01) в (1.02), умножая на  $\bar{v}d\Theta$  и интегрируя по всей длине арки, получаем после преобразований и использования обозначений (4.02):

$$f = \frac{c_1 + c_2\theta_0^2 - q(c_3 + \lambda c_2\theta_0^2)}{\theta_0^2(c_2 + \lambda c_4\theta_0^2)} \quad (4.05)$$

Из (4.05), полагая  $f=0$  имеем для коэффициента устойчивости:

$$q_{кр} = \frac{c_1 + c_2\theta_0^2}{c_3 + \lambda c_2\theta_0^2} \quad (4.06)$$

Аналогично в случае III, подставляя (4.01) в (1.03), получаем:

$$f = \frac{c_1 + c_2\theta_0^2 - q[c_3 + \theta_0^2 c_2(\lambda - 1) - \lambda c_4\theta_0^4]}{\theta_0^2(c_2 + \lambda c_4\theta_0^2)} \quad (4.07)$$

Отсюда имеем для коэффициента устойчивости:

$$q_{кр} = \frac{c_1 + c_2 \theta_0^2}{c_3 + (\lambda - 1)c_2 \theta_0^2 - \lambda c_4 \theta_0^4} \quad (4.08)$$

Полагая в формулах (4.03) или (4.05), или (4.07)  $q=0$  получаем для параметра частоты антисимметричных колебаний *ненагруженной* арки:

$$f_0 = \frac{c_1 + c_2 \theta_0^2}{\theta_0^2 (c_2 + \lambda c_4 \theta_0^2)} \quad (4.09)$$

Приближенную формулу для определения параметра частоты антисимметричных колебаний *ненагруженной* бесшарнирной арки получил К. Федергофер [2]. Он, подобно Брауну, применил метод Рэлея, приняв для подсчета потенциальной и кинетической энергии две *разные* функции. В первом случае линия изгиба от антисимметричной (по отношению к линии симметрии арки) равномерно распределенной нагрузки перпендикулярной к плоскости арки:

$$\bar{v} = \frac{pR^4}{C} \left( \frac{\theta_0^2}{2} + c_1 + c_2 \Theta + c_3 \cos \Theta + c_4 \sin \Theta + c_5 \Theta \cos \Theta + c_6 \Theta \sin \Theta \right)$$

Для вычисления кинетической энергии это выражение привело бы к очень сложным выкладкам. Поэтому Федергофер принял в этом случае:

$$v = v_0 \frac{\theta}{\theta_0} \left( 1 - \frac{\theta^2}{\theta_0^2} \right)^2$$

определив коэффициент  $v_0$  из условия, чтобы *среднее значение смещения*, вычисленное из обоих выражений, было бы одинаковым.

В результате К. Федергофер получил следующую формулу:

$$f_0 = \frac{385}{512} - \frac{\theta_0}{\lambda l^*}$$

где

$$I^* = \frac{\Theta_0^3}{6} + \left(2 + \frac{1}{\lambda}\right) (\sin \Theta_0 - \Theta_0) + \\ + \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\lambda}\right) (\sin \Theta_0 - \Theta_0 \cos \Theta_0) + c_2 \frac{\Theta_0^2}{2} + \\ + c_4 (1 - \cos \Theta_0) + c_5 (\Theta_0 \sin \Theta_0 + \cos \Theta_0 - 1)$$

В качестве примера возьмем антисимметричные пространственные колебания ненагруженной бесшарнирной полуциркульной арки ( $2\Theta_0 = 180^\circ$ ).

Результаты вычислений помещены в таблице № 3.

*Таблица № 3.* Приближенные значения безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$  антисимметричных пространственных колебаний ненагруженной бесшарнирной полуциркульной арки ( $2\Theta_0 = 180^\circ$ ).

$\lambda$	Сечение	По приближенной формуле Федергофера	По приближенной формуле (4.09)
0,75	прямоугольное	5,41	4,67
1,25	круглое или трубчатое	5,31	4,61
1,48	квадратное	5,27	4,58
11,9	прямоугольное	4,27	3,57
44	прямоугольное	3,13	2,96

Из таблицы видно, что с увеличением отношения жесткостей  $-\lambda$  величина безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$  уменьшается. Сравним несколько приближенных значений  $\sqrt{f_0}$  с их точными значениями. Результаты вычислений сведены в таблице № 4.

*Таблица № 4.* Сопоставление приближенных и точных значений безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$  антисимметричных пространственных колебаний бесшарнирной полуциркульной арки ( $2\Theta_0 = 180^\circ$ ).

$\lambda$	По приближенной формуле Федергофера	По приближенной формуле (4.09)	Точное значение по уравнениям (1.31в) (1.31б)	Разница в %	
				формулы Федергофера	формулы (4.09)
1,25	5,310	4,611	5,260	+0,95	-12,3
44	3,128	2,957	3,030	+5,6	-2,4

При другой аппроксимирующей функции:

$$\bar{v} = A \left[ \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right) - 2 \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^3 + \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} \right)^5 - \frac{2}{3} \cdot \frac{15 + K\Theta_0^2}{35 + K\Theta_0^2} \left( \frac{\Theta}{\Theta_0} - \frac{3}{2\Theta_0^3} \Theta^3 + \frac{1}{2\Theta_0^7} \Theta^7 \right) \right],$$

которая также удовлетворяет всем граничным условиям (1.27), получено тем же методом для бесшарнирной *ненагруженной* арки с центральным углом  $2\Theta_0 = \pi$  и  $\lambda = 1,25$  то же значение безразмерной частоты  $\sqrt{f_0}$ , что в таблице № 4 по приближенной формуле (4.09).

Сопоставляя выведенные формулы, видим, что в случае пространственных антисимметричных колебаний имеет место неравенство

$$f_{II} < f_{III} < f_I \quad \text{т. е.} \quad \omega_{II} < \omega_{III} < \omega_I$$

Таким же образом из уравнений для критических нагрузок следует, что

$$q_{II\text{кр}} < q_{III\text{кр}} < q_{I\text{кр}}$$

Отметим, что в формулах (4.03), (4.05) и (4.07) коэффициенты  $c_1, c_2, c_3, c_4$  — зависят от параметра  $q$ . Поэтому  $f$  от  $q$  не является линейной, как это имело место в плоской задаче.

Вычисления по формулам (4.03), (4.05) и (4.07), а также решения уравнений (4.04), (4.06), (4.08) следует вести аналогично указанному в § 3.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье исследован вопрос свободных колебаний круговой арки в направлении перпендикулярном к ее плоскости и влияние поведения нагрузки на частоту этих колебаний.

При этом получены точные и приближенные уравнения частот пространственных симметричных и антисимметричных колебаний круговой арки, нагруженной равномерно распределенной радиальной нагрузкой для трех случаев поведения нагрузки в процессе деформирования; получены также точные и приближенные решения для критических нагрузок (среди них новыми являются решения для случаев II и III при антисимметричной деформации и случай III при симметричной деформации).

## ЛИТЕРАТУРА

1. F. H. Brown, Lateral Vibration of Ring-Shaped Frames. Journal of the Franklin Inst Vol. 218 Nr. 1., 1834 (p. 41—48).
2. K. Federhofer, Über die Eigenschwingungen des senkrecht zu seiner Ebene schwingenden Kreisbogens. Sitzungsberichte Akad. Wiss. Wien, Abt. II A, 145 Bd., Heft 1 und 2, 1936 (S. 29—56).
3. А. Б. Моргаевский, О колебаниях круговой арки в направлении, перпендикулярном к ее плоскости. Инженерный сборник, том XXII, 1955.
4. Е. Б. Васерман, Влияние поведения нагрузки на частоту свободных колебаний кольца. Вопросы динамики и динамической прочности, выпуск IV, Изд. АН Латв. ССР, 1956 (стр. 49—71).
5. С. Д. Пономарев, В. Л. Бидерман, К. К. Лихарев, В. М. Макушин, Н. Н. Малинин, В. И. Феодосьев, Основы современных методов расчета на прочность в машиностроении. Машгиз, 1952.
6. Е. Л. Николаи, Об устойчивости кругового кольца и круговой арки, сжатых равномерно распределенным нормальным давлением, Изв. Петроградск. политехнического ин-та, т. 27, 1918 (см. также Труды по механике, Гостехиздат, 1955).
7. S. Timoschenko, Kippsicherheit des gekrümmten Stabes mit kreisförmiger Mittellinie. ZAMM, Bd. 3, Heft 5, 1923.
8. С. П. Тимошенко, Устойчивость упругих систем, Гостехиздат, 1955.



К. Ю. МЕНЗИН, доцент, кандидат технических наук

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КООРДИНАТ СИСТЕМЫ ЗОЛЬДНЕРА ЛАТВИЙСКОЙ ССР В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЪЕМОЧНЫХ РАБОТАХ

### § 1. Введение

Как известно, все геодезические работы в Латвийской ССР должны выполняться в проекции Гаусса—Крюгера, согласно постановлению III Геодезического совещания при Геодезическом Комитете Госплана СССР (28—31 марта 1928 г.).

В буржуазной Латвии, в более чем за 20 лет ее существования, исполнен ряд геодезических работ, в результате чего получено около 40 000 опорных точек, включая полигонометрическую сеть. На эти точки опирались все детальные съемки того времени. Было бы нецелесообразным не использовать этот материал, подлежащий только соответствующему перевычислению в конформную плоскостную систему СССР.

До 1940 года вся территория Латвии была подразделена на 4 координатные системы Зольднера:

Название системы	Приближенные географические координаты нуля	Ширина зоны по географич. долготе
	φ                      λ	
1. Вардупе	56°51'33" + 21°52'03"	+20°55' ÷ 23°00'
2. Рига, церковь Петра	56°56'54"    24°06'32"	+23°00' ÷ 25°00'
3. Гайзинькалнс	56°52'15"    25°57'35"	+25°00' ÷ 26°30'
4. Витолниеки	56°40'08"    27°15'12"	+26°30' ÷ 28°15'

В качестве референц-эллипсоида был принят эллипсоид Бесселя.

Как видно, зоны занимают небольшие пространства, и производя более обширные геодезические работы, мы будем вынуждены пользоваться координатами в 2-х и даже 3-х координатных системах.

натных системах. Кроме того, все съемочные и исследовательские работы должны быть произведены так, чтобы они служили и целям картографии, как это и предусматривает «Инструкция по топографической съемке в масштабе 1 : 10000» [1].

В учреждениях, производящих геодезические работы в Латвийской ССР, неоднократно поднимался вопрос о наилучшем методе использования существующего геодезического планового материала, и, в частности о том, как перейти от местных координатных систем Зольднера Латвийской ССР к единой координатной системе СССР.

Этот вопрос теоретически был разрешен автором в его диссертации [2], а практическое применение уточнено в данной статье.

Автор считает нужным отметить еще следующее. Так называемая проекция Гаусса—Крюгера была предложена и обоснована Гауссом в 1825—1830 гг. Крюгер в 1912 году дал рабочие формулы для вычислений в этой проекции, поэтому до последнего времени она и называлась проекцией Гаусса—Крюгера. Но как правильно отмечает П. С. Закатов (Курс высшей геодезии. Геодезиздат. Москва, 1950 г.) после того, как проф. Ф. Н. Красовский и доц. А. А. Изотов дали более удобные рабочие формулы изображения поверхности эллипсоида на плоскости в проекции Гаусса, нет никакого основания проекцию именовать проекцией Гаусса—Крюгера, а следует назвать ее проекцией Гаусса. На такой точке зрения находится и «Инструкция по топографической съемке в масштабе 1 : 10000».

## § 2. Метод

Приступая к разрешению проблемы, возникают два вопроса.

Во-первых, должен быть разрешен вопрос о переходе от референц-эллипсоида Бесселя к референц-эллипсоиду Красовского (согласно постановлению от 7 апреля 1946 года).

Во-вторых, точки трансформируются от системы Зольднера с частным началом координат к координатной системе Гаусса в ориентировке геодезической основы СССР.

Мы можем от координат Зольднера перейти к геодезическим, а от них, в свою очередь, к координатам Гаусса. Такой переход удобен только тогда, когда обе системы проектированы на один и тот же референц-эллипсоид, и имеется общая ориентировка. Ни одно из этих условий не выполнено.

В Латвийской триангуляции за исходные данные приняты геодезические координаты собора Петра в гор. Риге, а сеть ориентирована по азимуту направления: собор Петра — собор Троицы в г. Елгаве. Упомянутые данные геодезическим путем

были перенесены с астрономической обсерватории г. Тарту. Триангуляция же Советского Союза ориентирована исходя от Пулковской астрономической обсерватории. Уже в царской России было обнаружено довольно крупное несоответствие между обеими этими системами. Для перехода от одной к другой пользуются так называемыми дифференциальными формулами первого рода, которые даются в курсах высшей геодезии. Затем, значения координат должны быть перечислены с эллипсоида Бесселя на референц-эллипсоид Красовского. Для этого имеются дифференциальные формулы второго рода; наиболее удобными из них надо признать формулы Ф. Н. Красовского.

В итоге, этот метод требует большого объема вычислительной работы.

Более целесообразным надо признать метод непосредственного перехода, а именно переход от координат Зольднера с местными началами координат и эллипсоида Бесселя — к координатам системы Гаусса на эллипсоиде Красовского.

Правильность этого метода подтверждает следующее:

а) Отдельная система координат Зольднера занимает сравнительно небольшой район. Если перенесем теперь нулевую точку системы Зольднера с одного эллипсоида на другой с сохранением прежней относительной зависимости между нею и всеми точками данной системы, то все точки претерпят небольшое перемещение, обусловленное изменениями главных радиусов кривизны и выразятся в виде небольших поправок к ним.

б) Координаты Зольднера в Латвии вычислялись на сфере со средним радиусом кривизны  $R = \sqrt{MN}$ . Следовательно мы можем перейти к системе Гаусса предварительно тоже на сфере, не считаясь с различием между сферой и эллипсоидом. Вопрос же перехода со сферы на эллипсоид решается просто.

в) Геодезические координаты даются только для незначительного числа точек, а именно для точек высших классов тригонометрической сети, причем, в каталогах Латвии они даны с точностью до 0,001 в широте и в долготе. Такая точность обеспечивает координаты Гаусса в наших широтах с точностью по оси  $x$ -ов  $\pm 3$  см и по оси  $y$ -ов  $\pm 1,6$  см. Переходя непосредственно от координат Зольднера к координатам Гаусса мы получим их с точностью  $\pm 1$  см.

В свое время разрешением выдвинутой проблемы занимался ряд авторов.

Так, в 1932 году профессор Н. Г. Кель в своем труде: «Высшая геодезия и геодезические работы» [3] дает формулы перехода от местных систем Зольднера к системе Гаусса. С небольшими изменениями ими пользуется В. Каган [4]. Несмотря на удобство этих формул, они для трансформации коор-

динат Зольднера Латвийской ССР не приемлемы. Во-первых, они не предусмотрены для трансформирования координат зон протяжением по у-ам до 70 км, а по оси х-ов более чем на 120 км и с углом поворота осей на:  $\gamma = -1^{\circ}47'$ , что имеет место, напр., при переходе от системы «Вардупе» ЛССР к системе Гаусса с осевым меридианом  $\lambda = +24^{\circ}$ . Во-вторых, авторами не мог быть учтен вопрос о переходе от эллипсоида Бесселя к эллипсоиду Красовского, возникший только в 1946 году. Формулы зарубежных авторов, как напр., В. Иордана, не удобны для применения арифмометра, так как содержат члены с тремя и более переменными, что исключает также составление удобных вспомогательных таблиц и номограмм.

Формулы болгарского профессора В. К. Христова не удобны по своей громоздкости, они состоят из 28 членов, а каждый из них в свою очередь содержит от 3 до 7 величин разных степеней, связанных арифметическими действиями.

Нашей задачей является составление более удобных для практического применения формул.

### § 3. Переход от эллипсоида Бесселя к эллипсоиду Красовского

Во-первых, выясним, как изменяются координаты Зольднера Латвийской ССР при переходе от эллипсоида Бесселя к эллипсоиду Красовского.

Каждая последующая точка в системе Зольднера вычисляется через предыдущую по формулам:

$$Y_2 = Y_1 + V - \frac{U^2 \cdot Y_1}{2MN} - \frac{U^2 \cdot V}{6MN} \quad (1)$$

$$X_2 = X_1 + U + \frac{U \cdot Y_1^2}{2MN} - \frac{U \cdot V^2}{6MN} \quad (2)$$

где  $V = s \cdot \sin T$ ;  $U = s \cdot \cos T$ ;  $X_1, Y_1$  — координаты исходной точки;  $X_2, Y_2$  — координаты искомой точки;  $M$  и  $N$  главные радиусы кривизны,  $s$  расстояние от данной точки до искомой и  $T$  дирекционный угол.

Если исходной точкой является нулевая точка координатных осей:  $X_1 = 0$  и  $Y_1 = 0$ , тогда формулы (1) и (2) сокращаются:

$$Y_2 = V - \frac{U^2 \cdot V}{6MN} \quad (3)$$

$$X_2 = U + \frac{U \cdot Y_2^2}{2MN} - \frac{U \cdot V^2}{6MN} \quad (4)$$

По этим формулам вычисляется произвольная точка А (рис. 1) в системе Зольднера, если известны ее расстояние до нуляпункта и дирекционный угол.

Выясним вопрос, как изменяются координаты точек данной системы Зольднера относительно их нулевой точки, в связи с перенесением нулевой точки с эллипсоида Бесселя на эллипсоид Красовского, с сохранением их прежнего относительного расположения на территории Латвийской ССР, в самом неблагоприятном случае.

Значения величин  $V$  и  $U$ , вычисленные по формулам (3) и (4), практически будут одинаковыми на обоих эллипсоидах. Хотя дирекционный угол, в связи с перемещением нуляпункта на поверхности Земли, считается от другого нулевого меридиана, он не меняет своего числового значения, а расстояние  $s$ , как длину геодезической линии между нуляпунктом и данной точкой, в пределах данной зоны, можно принять независимой от различия референц-эллипсоидов Бесселя и Красовского.

Различия в координатах, обусловленные изменением главных радиусов кривизны, выразятся в изменении числовых значений поправочных членов, а именно:

$$-\frac{U^2V}{6MN} \text{ и } \frac{UY_2^2}{2MN} - \frac{U \cdot V^2}{6MN} \quad (5)$$

Здесь  $\frac{U \cdot V^2}{6MN}$  можно заменить величиной  $\frac{U \cdot V^2}{2MN}$ , так как значение  $Y_2$  отличается от значения  $V$  только поправочным членом (3), а знаменатель  $2MN \approx 2 \cdot 6000 \cdot 6000 \cdot 1000^2 \approx 72 \cdot 10^{12}$ . Поэтому

$$\frac{UY_2^2}{2MN} - \frac{U \cdot V^2}{6MN} \approx \frac{3U \cdot V^2}{6MN} - \frac{U \cdot V^2}{6MN} = \frac{UV^2}{3MN} \quad (6)$$

Максимальные значения величин  $U$  и  $V$  на территории Латвийской ССР будут:

Т а б л и ц а 1

Вардуле	Рига	Гайзинькалнс	Витольниекс
$\varphi_A = 57^\circ 45'$	$58^\circ 00'$	$58^\circ 15'$	$55^\circ 40'$
$\varphi_0 = 56^\circ 52'$	$56^\circ 57'$	$56^\circ 52'$	$56^\circ 40'$
$\Delta\varphi' = +53'$	$+63'$	$+83'$	$-60'$
Прибл. $U_{км} = 98$	117	154	111
$\lambda_A + 23^\circ 00'$	$+25^\circ 00'$	$+25^\circ 00'$	$+26^\circ 30'$
$\lambda_0 + 21^\circ 52'$	$+24^\circ 07'$	$+25^\circ 58'$	$+27^\circ 15'$
$\Delta\lambda' = +68'$	$+53'$	$+58'$	$-45'$
Прибл. $V_{км} = 69$	54	59	46

Здесь  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  географическая широта и долгота нуль-пунктов систем Зольднера,  $\varphi_A$  и  $\lambda_A$  — географические координаты точек в наибольшем удалении от нулевой точки данной системы, взятые по карте, а  $\Delta\varphi'$  и  $\Delta\lambda'$  соответствующие разности, которые приближенно выражены в километрах, как  $U_{км}$  и  $V_{км}$ . Из таблицы 1 мы можем определить максимальные значения числителей поправочных членов.

Таблица 2

Числит. поправочн. членов	Система „Вардупе“	Система „Рига“	Система „Гайзинькалнс“	Система „Витолниеки“
$U^2V$ $UV^2$	$662676 \cdot 10^9$ $466578 \cdot 10^9$	$739206 \cdot 10^9$ $341172 \cdot 10^9$	$1399244 \cdot 10^9$ $536074 \cdot 10^9$	$566766 \cdot 10^9$ $234876 \cdot 10^9$

Очевидно, что наиболее неблагоприятный случай в системе Гайзинькалнс, когда точка находится на северной окраине Руенского района.

Сравнение знаменателей  $-\frac{1}{2MN}$  в эллипсоидах Бесселя и Красовского для территории Латвийской ССР дает [5] и [6]:

Таблица 3

$\varphi$	Эллипсоид Бесселя	Эллипсоид Красовского	Разность
$55^\circ 40'$	$1226\ 392 \cdot 10^{-20}$	$1226\ 057 \cdot 10^{-20}$	$335 \cdot 10^{-20}$
$56^\circ 00'$	$1226\ 303 \cdot 10^{-20}$	$1226\ 968 \cdot 10^{-20}$	$335 \cdot 10^{-20}$
$57^\circ 00'$	$1226\ 039 \cdot 10^{-20}$	$1226\ 704 \cdot 10^{-20}$	$335 \cdot 10^{-20}$
$58^\circ 00'$	$1225\ 778 \cdot 10^{-20}$	$1225\ 443 \cdot 10^{-20}$	$335 \cdot 10^{-20}$
$58^\circ 15'$	$1225\ 714 \cdot 10^{-20}$	$1225\ 378 \cdot 10^{-20}$	$336 \cdot 10^{-20}$

Как видно, в пределах Латвийской ССР, т. е. в географических широтах от  $55^\circ 40'$  до  $58^\circ 15'$  численные значения  $\frac{1}{2MN}$  на обоих эллипсоидах разнятся на одну и ту же величину  $335 \cdot 10^{-20}$ .

Отсюда:

$$\frac{1}{6MN}(B) - \frac{1}{6MN}(K) = 112 \cdot 10^{-20}$$

$$\frac{1}{3MN}(B) - \frac{1}{3NM}(K) = 223 \cdot 10^{-20} \quad (7)$$

Пользуясь значениями (7) и таблицей 2, мы вычисляем максимальные искажения:

$$-U^2V \left[ \frac{1}{6MN}(B) - \frac{1}{6MN}(K) \right] = -1399244 \cdot 10^9 \cdot 112 \cdot 10^{-20} \approx \\ \approx -0,0015(\text{м}) \approx -2 \text{ мм}$$

$$+UV^2 \left[ \frac{1}{3MN}(B) - \frac{1}{3MN}(K) \right] = 536074 \cdot 10^9 \cdot 223 \cdot 10^{-20} \approx \\ \approx +0,0012(\text{м}) \approx +1 \text{ мм}$$

Отсюда заключаем:

В пределах Латвийской ССР отдельная система Зольднера проектируется с эллипсоида Бесселя на эллипсоид Красовского без практически ощущаемых искажений при условии совмещения нульпунктов и сохранения относительной зависимости между последним и всеми точками данной зоны.

Здесь не учтено еще одно важное обстоятельство.

Как известно, за местные начала координатных систем Зольднера Латвии приняты точки тригонометрической сети первого класса Латвийской ССР. Связывая Латвийскую триангуляцию первого класса с такою же сетью РСФСР, Латвийская сеть претерпела известную деформацию, что может вызвать более или менее значительное искажение всей отдельной системы Зольднера, а в частности, перемещение месторасположения точек по отношению к нулевой точке.

Выяснено, что эти деформации не особенно значительны и в точных геодезических работах они учитываются в виде небольших постоянных поправок в данном районе, а в менее точных работах — игнорируются.

#### § 4. Переход от координатных систем Зольднера Латвийской ССР к конформной плоскостной системе СССР

Введем обозначения: (рис. 1).

$X_0$  и  $Y_0$  — координаты нульпункта местной системы Зольднера в новой системе, где осью  $y$ -в является экватор, а осью  $x$ -ов осевой меридиан, согласно в СССР принятому подразделению зон координатной системы Гаусса.

$\gamma$  — сближение меридиана нульпункта местной системы Зольднера по отношению к осевому меридиану.

$X_v$  и  $Y_v$  — координаты точки в местной системе Зольднера (данные в каталогах).

$X_s$  и  $Y_s$  — координаты Зольднера данной точки в системе СССР.

$X_G$  и  $Y_G$  — искомые координаты в системе Гаусса.

$T_v$  — дирекционный угол линии  $s$  в местной системе.

$T_s$  — дирекционный угол линии  $s$  в новой системе.

$s$  — расстояние от нуля пункта системы Зольднера до данной точки

$$V_v = s \cdot \sin T_v$$

$$V_s = s \cdot \sin T_s$$

$$U_v = s \cdot \cos T_v$$

$$U_s = s \cdot \cos T_s$$

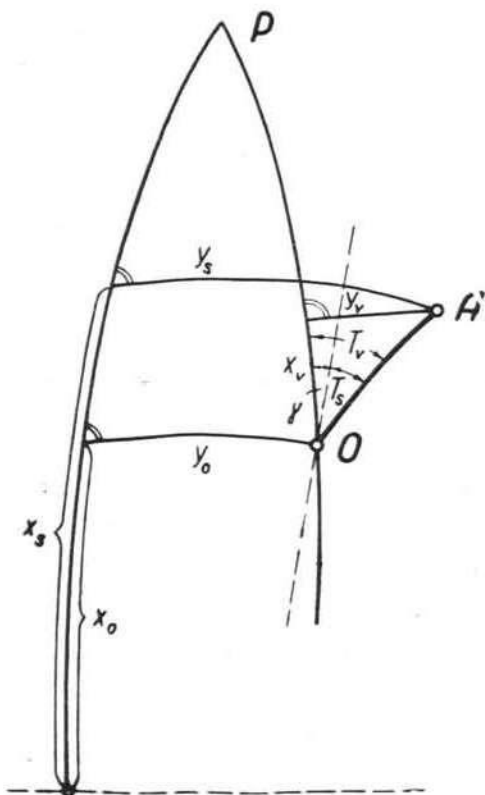


Рис. 1.

Координаты произвольной точки А в местной системе Зольднера, согласно предыдущим формулам (3) и (4) выразятся:

$$y_v = V_v - \frac{U_v^2 V_v}{6MN} \quad (8)$$



$$X_v = U_v + \frac{U_v \cdot Y_v^2}{2MN} - \frac{U_v \cdot V_v^2}{6MN} \quad (9)$$

Координаты Зольднера той же точки в системе СССР будут:

$$Y_s = Y_0 + V_s - \frac{U_s^2 \cdot Y_0}{2MN} - \frac{U_s^2 \cdot V_s}{6MN} \quad (10)$$

$$X_s = X_0 + U_s + \frac{U_s \cdot Y_s^2}{2MN} - \frac{U_s \cdot V_s^2}{6MN} \quad (11)$$

От выражения (10) вычтем по частям выражение (8) и от (11) — выражение (9):

$$Y_s = Y_0 + V_v + V_s - V_v - \frac{U_s^2 \cdot Y_0}{2MN} + \frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN} - \frac{U_s^2 \cdot V_s}{6MN} \quad (12)$$

$$X_s = X_0 + X_v + U_s - U_v + \frac{U_s \cdot Y_s^2}{2MN} - \frac{U_v \cdot Y_s^2}{2MN} + \frac{U_v \cdot V_v^2}{6MN} - \frac{U_s \cdot V_s^2}{6MN} \quad (13)$$

Вышеуказанные формулы являются исходными для разрешения вопроса.

Во-первых доказывается [7], что в пределах Латвийской ССР, в поправочных членах вышеприведенных формул, содержащих делителей  $6MN$  и  $2MN$ , можно принять  $V_v = V_v$  и  $X_v = U_v$ . Максимальные ошибки от этого получатся порядка:

$$-5,72 \text{ м} \times 1226057 \cdot 10^{-20} \approx -7 \cdot 10^{-14} \text{ м};$$

$$+4,38 \text{ м} \times 1226057 \cdot 10^{-20} \approx +5 \cdot 10^{-14} \text{ м},$$

которые практически можно считать равными нулю.

Формулу (12) преобразуем по частям. Учитывая, что  $T_s = T_v - \gamma$ , можем считать:

$$\begin{aligned} V_s - V_v &= s \sin T_s - s \sin T_v = 2s \sin \frac{T_s - T_v}{2} \cdot \cos \frac{T_s + T_v}{2} = \\ &= -2s \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \left( T_v - \frac{\gamma}{2} \right) = -s \sin \gamma \cdot \cos T_v - \\ &- s \sin T_v \cdot 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} = -\sin \gamma \cdot U_v - 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} V_v \quad (14) \end{aligned}$$

Если любая точка в местной системе Зольднера определяется непосредственно от нулевой точки, то формулы (3) и (4), в наших обозначениях, примут вид:

$$Y_v = V_v - \frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN}$$

$$X_v = U_v + \frac{U_v \cdot Y_v^2}{2MN} - \frac{U_v \cdot V_v^2}{6MN}$$

и после вставки их в выражение (14) получим:

$$\begin{aligned} V_s - V_v &= -\sin\gamma \left( X_v - \frac{U_v \cdot Y_v^2}{2MN} + \frac{U_v \cdot V_v^2}{6MN} \right) - \\ &\quad - 2\sin^2 \frac{\gamma}{2} \left( Y_v + \frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN} \right) = \\ &= -\sin\gamma \cdot X_v - 2\sin^2 \frac{\gamma}{2} \cdot Y_v + \sin\gamma \cdot \frac{U_v \cdot V_v^2}{3MN} - \\ &\quad - 2\sin^2 \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN} \end{aligned} \quad (15)$$

В пределах Латвийской ССР, при переходе от местных координатных систем Зольднера к системе Гаусса СССР, величины  $\sin\gamma$  и  $2\sin^2 \frac{\gamma}{2}$  примут численные значения:

1.  $\triangle$  Вардупе  $\rightarrow$  4 зона  $\sin\gamma=0,0127$ ;  $2\sin^2 \frac{\gamma}{2}=0,0001$
2.  $\triangle$  Рига  $\rightarrow$  4 зона „  $=0,0455$ ; „  $=0,0010$
3.  $\triangle$  Рига  $\rightarrow$  5 зона „  $=0,0423$ ; „  $=0,0009$
4.  $\triangle$  Гайзинь-  
калнс  $\rightarrow$  5 зона „  $=0,0152$ ; „  $=0,0001$
5.  $\triangle$  Витолниеки  $\rightarrow$  5 зона „  $=0,0037$ ; „  $=0,0000$

Вычисляя с полученными коэффициентами последние два выражения (15) при максимальных значениях  $U$  и  $V$  соответствующих систем, находим:

	$\sin\gamma \frac{U_v \cdot V_v^2}{3MN}$	$2\sin^2 \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN}$
1. $\triangle$ Вардупе $\rightarrow$ 4 зона	0,05 м	0,000 м
2. $\triangle$ Рига $\rightarrow$ 4 зона	0,13 м	0,003 м
3. $\triangle$ Рига $\rightarrow$ 5 зона	0,12 м	0,003 м
4. $\triangle$ Гайзинькалнс $\rightarrow$ 5 зона	0,07 м	0,001 м
5. $\triangle$ Витолниеки $\rightarrow$ 5 зона	0,01 м	0,000 м

Отсюда заключаем, что последним членом можно практически пренебречь, а предпоследний член необходимо удержать.

В члене, содержащем множитель  $\frac{1}{3MN}$ , заменим  $V_v$  через  $Y_v$  и  $U_v$  на  $X_v$ , так что выражение (15) переписется:

$$V_s - V_v = -\sin \gamma \cdot X_v - 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} Y_v + \sin \gamma \cdot \frac{X_v \cdot Y_v^2}{3MN} \quad (16)$$

Продолжаем преобразовывать выражение (12), и в первую очередь, член  $\frac{U_s^2 \cdot Y_0}{2MN}$ .

Во-первых

$$U_s = s \cdot \cos T_s = s \cdot \cos (T_v - \gamma) = s \cdot \cos T_v \cdot \cos \gamma + \\ + s \sin T_v \cdot \sin \gamma = \cos \gamma \cdot U_v + \sin \gamma \cdot V_v \quad (17)$$

Значение коэффициента  $\frac{Y_0}{2MN}$  в разных системах следующее:

- |                             |                       |                 |  |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|--|
| 1. $\triangle$ Вардупе      | $\rightarrow$ 4 зона; | $Y_0 = 52919$ ; | $\frac{Y_0}{2MN} = 649 \cdot 10^{-12}$ |
| 2. $\triangle$ Рига         | $\rightarrow$ 4 зона; | " = 189106;     | " = 2318 $\cdot 10^{-12}$              |
| 3. $\triangle$ Рига         | $\rightarrow$ 5 зона; | " = 175871;     | " = 2156 $\cdot 10^{-12}$              |
| 4. $\triangle$ Гайзинькалнс | $\rightarrow$ 5 зона; | " = 63430;      | " = 777 $\cdot 10^{-12}$               |
| 5. $\triangle$ Витолниеки   | $\rightarrow$ 5 зона; | " = 15534;      | " = 190 $\cdot 10^{-12}$               |

Как видим, коэффициент  $\frac{Y_0}{2MN}$  достаточно мал, чтобы без ущерба в точности в выражении

$$\frac{U_s^2 Y_0}{2MN} = (\cos \gamma \cdot U_v + \sin \gamma \cdot V_v)^2 \cdot \frac{Y_0}{2MN} \text{ принять:}$$

$$U_v = X_v \text{ и } V_v = Y_v$$

Остается еще группа:

$$\frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN} - \frac{U_s^2 \cdot V_s}{6MN}$$

$$\text{Подставляя } V_v = s \sin T_s = s \sin (T_v - \gamma) = \cos \gamma \cdot V_v - \\ - \sin \gamma \cdot U_v,$$

$$\text{и учитывая, что } U_s = \cos \gamma \cdot X_v + \sin \gamma \cdot Y_v,$$

пишем:

$$\frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN} - \frac{U_s^2 \cdot V_s}{6MN} = \frac{1}{6MN} (U_v^2 \cdot V_v - \cos^3 \gamma \cdot U_v^2 \cdot V_v - \\ - \sin^2 \gamma \cdot \cos \gamma \cdot V_v^3 - 2 \sin \gamma \cdot \cos^2 \gamma \cdot U_v \cdot V_v^2 + \\ + \sin \gamma \cdot \cos^2 \gamma \cdot U_v^3 + \sin^3 \gamma \cdot U_v \cdot V_v^2 + \\ + 2 \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma \cdot U_v^2 \cdot V_v) \quad (19)$$

Заменяя  $U_v$  через  $X_v$  и  $V_v$  на  $Y_v$  и принимая  $\cos \gamma = 1$  ввиду малости  $\gamma$  и коэффициента  $\frac{1}{6MN}$ , выражение (19) с точностью до — мм сократится:

$$\frac{U_v^2 \cdot V_v}{6MN} - \frac{U_s^2 \cdot V_s}{6MN} = \frac{\sin \gamma}{6MN} \cdot X_v^3 \quad (20)$$

Этим задание по оси  $u$ -ов решено.

Формула (13) преобразуется аналогично:

$$U_s - U_v = \sin \gamma \cdot Y_v - 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} \cdot X_v + \sin \gamma \cdot \frac{X_v^2 \cdot Y_v}{6MN} \quad (21)$$

$$\frac{U_s \cdot Y_s^2}{2MN} = \frac{Y_s^2}{2MN} (\cos \gamma \cdot X_v + \sin \gamma \cdot Y_v) \quad (22)$$

$$- \frac{U_v \cdot Y_v^2}{2MN} = - \frac{X_v \cdot Y_v^2}{2MN} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \frac{U_v \cdot V_v^2}{6MN} - \frac{U_s \cdot V_s^2}{6MN} = \frac{1}{6MN} (U_v \cdot V_v^2 - \cos^3 \gamma \cdot U_v \cdot V_v^2 + \\ + 2 \sin \gamma \cdot \cos^2 \gamma \cdot U_v^2 \cdot V_v - \cos^2 \gamma \cdot \sin \gamma \cdot V_v^3 - \\ - \sin^2 \gamma \cdot \cos \gamma \cdot U_v^3 + 2 \cos \gamma \cdot \sin^2 \gamma \cdot V_v \cdot U_v - \\ - \sin^3 \gamma \cdot U_v^2 \cdot V_v) \end{aligned} \quad (24)$$

Здесь практическое значение имеют только члены:

$$+ 2 \sin \gamma \cdot \cos^2 \gamma \cdot U_v^2 \cdot V_v \text{ и } - \cos^2 \gamma \cdot \sin \gamma \cdot V_v^3 \quad (25)$$

Умножая их на коэффициент  $\frac{1}{6MN}$ , можно принять:  $U_v = X_v$ ;

$$V_v = Y_v; \quad \cos \gamma = 1.$$

Тогда:

$$\begin{aligned} \frac{U_v \cdot V_v^2}{6MN} - \frac{U_s \cdot V_s^2}{6MN} \approx \frac{1}{6MN} (2 \sin \gamma \cdot X_v^2 Y_v - \sin \gamma \cdot Y_v^3) = \\ = \frac{\sin \gamma}{3MN} \cdot X_v^2 \cdot Y_v - \frac{\sin \gamma}{6MN} \cdot Y_v^3 \end{aligned} \quad (26)$$

В одной и той же системе связь между координатами Зольднера и Гаусса следующая:

$$X_G = X_s - \frac{\eta^2 \cdot t}{24} \cdot Y_s \left( \frac{Y_s}{N} \right)^3 \quad (27)$$

$$Y_G = Y_s + \frac{Y_s^3}{6N^2} \quad (28)$$

$$\text{где } \eta^2 = e'^2 \cdot \cos^2 \varphi \text{ и } t = \operatorname{tg} \varphi$$

В формуле (27) поправочный член при  $y=200$  км дает только 1,5 мм, поэтому можно принять:

$$X_G = X_s \quad (29)$$

И следовательно, в окончательном виде формулы перехода от системы Зольднера к системе Гаусса будут:

$$\begin{aligned} Y_G = Y_s + \frac{Y_s^3}{6N^2}; \quad Y_s = Y_0 + \cos \gamma \cdot Y_v - \sin \gamma \cdot X_v - \\ - \frac{Y_0}{2MN} (\cos \gamma \cdot X_v + \sin \gamma \cdot Y_v)^2 + \frac{\sin \gamma}{3MN} X_v \cdot Y_v^2 + \frac{\sin \gamma}{6MN} \cdot X_v^3 \end{aligned} \quad (30)$$

$$X_G = X_s = X_0 + \cos \gamma \cdot X_v + \sin \gamma \cdot Y_v + \frac{Y_s^2}{2MN} (\cos \gamma) X_v + \sin \gamma \cdot Y_v - \frac{1}{2MN} X_v \cdot Y_v^2 + \frac{\sin \gamma}{2MN} \cdot X_v^2 \cdot Y_v - \frac{\sin \gamma}{6MN} \cdot Y_v^3 \quad (31)$$

Примем обозначения:

$$\cos \gamma \cdot X_v + \sin \gamma \cdot Y_v = A.$$

$$\cos \gamma \cdot Y_v + \sin \gamma \cdot X_v = B.$$

$$\frac{1}{2MN} = a; \quad \frac{\sin \gamma}{2MN} = b; \quad -\frac{Y_0}{2MN} = c.$$

Тогда формулы (30) и (31) представляются в виде:

$$Y_G = Y_s + \frac{Y_s^3}{6N^2}; \quad Y_s = Y_0 + B + cA^2 + \frac{2}{3} b X_v \cdot Y_v^2 + \frac{1}{3} b X_v^3 \quad (32)$$

$$X_G = X_0 + A + aA Y_s^2 - a X_v Y_v^2 + b \cdot X_v^2 \cdot Y_v - \frac{1}{3} b \cdot Y_v^3 \quad (33)$$

Точность трансформации в пределах Латвийской ССР  $\pm 1$  см. Иногда можно пренебречь несколькими сантиметрами в точности координат.

Исследования показывают, что при самой отдаленной трансформации в ЛССР, переходя от системы Зольднера с нулевой точкой «Рига» в 4 зону координат Гаусса, члены имеют значения:

$$\frac{2}{3} b X_v Y_v (\max) = 13 \text{ см.}, \quad \frac{1}{3} b X_v^3 (\max) = 30 \text{ см.},$$

$$\frac{1}{3} b Y_v^3 (\max) = 3 \text{ см} \text{ и } b \cdot X_v^2 Y (\max) = 41 \text{ см.}$$

При детальном съемках главную роль играют относительные искажения расстояний. Пренебрегая вышеозначенными членами, вы в самом неблагоприятном случае на расстоянии в 20 км при переходе по оси  $x$ -ов от 117 км к 97 км и  $y_v (\max) = 54$  км допустим абсолютную ошибку в 20 см, что дает относительную ошибку  $\frac{1}{100000}$

Следовательно, формулы (32) и (33) сократятся и примут вид:

$$Y_G = Y_s + \frac{Y_s^3}{6N^2}; \quad Y_s = Y_0 + B + cA^2 \quad (34)$$

$$X_G = X_0 + A + a \cdot AY_s^2 - aX_v \cdot Y_v^2 \quad (35)$$

### § 5. Таблицы и их применение

Чем меньше переменных в функции, тем удобнее составить таблицы и пользоваться ими. В предыдущих формулах величины  $X_0$ ,  $Y_0$ , а также  $\sin \gamma$  и  $\cos \gamma$  постоянные во всей данной системе координат Зольднера и определяются раз на всегда. Натуральные значения тригонометрических функций  $\sin \gamma$  и  $\cos \gamma$  берутся с восемью десятичными знаками.

Для удобства составления вспомогательных таблиц можно доказать, что в пределах Латвийской ССР величины  $\frac{1}{2MN}$ ,  $\frac{1}{3MN}$  и  $\frac{1}{6MN}$  могут быть условно приняты как постоянные, выбирая их на средней широте республики  $\varphi = 57^\circ 00'$ . Так в величине  $\frac{1}{2MN} = a$ , при самой южной широте  $\varphi = 55^\circ 40'$ , мы допустим ошибку  $353 \cdot 10^{-20}$ . Принимая  $\cos \gamma \cdot X_v + \sin \gamma \cdot Y_v = 100$  км и  $Y = 200$  км, влияние ошибки в результате предыдущих формул будет в пределах 1 см.

То же самое доказывается относительно величины  $\frac{Y_s^3}{6N^2}$ .  
Здесь  $\Delta \frac{Y_s^3}{6N^2} (\max) = 200000^3 \cdot 59 \cdot 10^{-20} = 0,0072$  (м).

Автором составлены таблицы для всех поправочных членов, учитывая все случаи перехода, причем таблицы для членов  $aY^2$  и  $\frac{Y_s^3}{6N^2}$  пригодны для всех зон территории Латвийской ССР.

К примеру, приведем таблицы для перехода от системы Зольднера с нульпунктом Витолниекы к 5 зоне. (Табл. 4, 5, 6, 7 и 8).

$cA^2$ 

Таблица 4

A км	$cA^2$ мм	$\Delta$	A км	$cA^2$ мм	$\Delta$	A км	$cA^2$ мм	$\Delta$	A км	$cA^2$ мм	$\Delta$
1	0	1	26	128	11	51	494	20	76	1097	30
2	1	1	27	130	10	52	514	20	77	1127	29
3	2	1	28	149	11	53	534	20	78	1156	30
4	3	2	29	160	11	54	554	21	79	1186	30
5	5	2	30	171	12	55	575	21	80	1216	31
6	7	2	31	183	12	56	596	21	81	1247	31
7	9	3	32	195	12	57	617	22	82	1278	31
8	12	3	33	207	13	58	639	22	83	1309	32
9	15	4	34	220	13	59	661	23	84	1341	32
10	19	4	35	233	13	60	684	23	85	1373	32
11	23	4	36	246	14	61	707	23	86	1405	32
12	27	5	37	260	14	62	730	24	87	1438	32
13	32	5	38	274	15	63	754	24	88	1471	34
14	37	6	39	289	15	64	778	25	89	1505	34
15	43	6	40	304	15	65	803	25	90	1539	34
16	49	6	41	319	16	66	828	25	91	1573	35
17	55	7	42	335	16	67	853	26	92	1608	35
18	62	7	43	351	17	68	879	26	93	1643	36
19	69	7	44	368	17	69	905	26	94	1679	36
20	76	8	45	385	17	70	931	27	95	1715	36
21	84	8	46	402	18	71	958	27	96	1751	37
22	92	9	47	420	18	72	985	28	97	1788	37
23	101	8	48	438	18	73	1013	27	98	1825	37
24	109	10	49	456	19	74	1040	29	99	1862	38
25	119	9	50	475	19	75	1069	28	100	1900	38
26	128		51	494		76	1097		101	1938	

Примечание: Величина  $cA^2$  — отрицательная



Таблица 5

$$b \cdot X_v^2 \cdot Y_v$$

$\frac{Y_v}{X_v}$ км	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	мм									
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2
30	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4
40	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7
50	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
60	2	3	5	7	8	10	11	13	15	16
70	2	4	7	9	11	13	16	18	20	22
80	3	6	9	12	14	17	20	23	26	29
90	4	7	11	15	18	22	26	29	33	37
100	5	9	14	18	23	27	32	36	41	45
110	5	11	16	22	27	33	38	44	49	55
120	7	13	20	26	33	39	46	52	59	65
130	8	15	23	31	38	46	54	61	69	77
140	9	18	27	36	44	53	62	71	80	89
150	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102

Примечания: 1. Знак величины  $bX_v^2 Y_v$  тождествен со знаком величины  $Y_v$

2. Чтобы найти значение величины  $\frac{2}{3} bX_v Y_v^2$ ,  $Y_v$  берется по шкале  $X_v$  и наоборот, учитывая  $\frac{2}{3}$  в таблице данной числовой величины.

Таблица 6

$$\frac{1}{3} b X_v^3 \text{ или } \frac{1}{3} b Y_v^3$$

$\frac{X_v}{Y_v}$	$\frac{1}{3} b X_v^3$	$\frac{X_v}{Y_v}$	$\frac{1}{3} b X_v^3$	$\frac{X_v}{Y_v}$	$\frac{1}{3} b X_v^3$	$\frac{X_v}{Y_v}$	$\frac{1}{3} b X_v^3$
км	мм	км	мм	км	мм	км	мм
32,5		96,4		120,6		137,8	
	1		14		27		40
46,5		98,7		122,1		138,9	
	2		15		28		41
55,0		100,9		123,6		140,1	
	3		16		29		42
61,9		103,0		125,0		141,2	
	4		17		30		43
67,0		105,0		126,4		142,3	
	5		18		31		44
71,9		107,0		127,8		143,4	
	6		19		32		45
75,7		108,9		129,1		144,5	
	7		20		33		46
79,2		110,7		130,4		145,5	
	8		21		34		47
82,5		112,5		131,7		146,5	
	9		22		35		48
85,8		114,3		133,0		147,5	
	10		23		36		49
88,6		115,9		134,2		148,5	
	11		24		37		50
91,3		117,5		135,4		149,5	
	12		25		38		51
94,0		119,1		136,6		150,5	
	13		26		39		52
96,4		120,6		137,8		151,5	

Примечание: Величина  $\frac{1}{3} b$  положительная; след. знак указывает числовые значения величин  $X_v$  или  $Y_v$

Таблица 7

 $aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
1.0	0,012	3	4.0	0,196	10	7.0	0,601	17
1	0,015	3	1	0,206	10	1	0,618	17
2	0,018	3	2	0,216	11	2	0,635	18
3	0,021	3	3	0,227	10	3	0,653	18
4	0,024	4	4	0,237	11	4	0,671	18
5	0,028	3	5	0,248	11	5	0,689	19
6	0,031	4	6	0,259	12	6	0,708	19
7	0,035	5	7	0,271	11	7	0,727	19
8	0,040	4	8	0,282	12	8	0,746	19
9	0,044	5	9	0,294	12	9	0,765	19
2.0	0,049	5	5.0	0,306	13	8.0	0,784	20
1	0,054	5	1	0,319	12	1	0,804	20
2	0,059	6	2	0,331	13	2	0,824	20
3	0,065	6	3	0,344	13	3	0,844	21
4	0,071	6	4	0,357	14	4	0,865	21
5	0,077	6	5	0,371	13	5	0,886	21
6	0,083	6	6	0,384	14	6	0,907	21
7	0,089	7	7	0,398	14	7	0,928	21
8	0,096	7	8	0,412	15	8	0,949	22
9	0,103	7	9	0,427	14	9	0,971	22
3.0	0,110	8	6.0	0,441	15	9.0	0,993	22
1	0,118	8	1	0,456	15	1	1,015	22
2	0,126	8	2	0,471	15	2	1,037	23
3	0,134	8	3	0,486	16	3	1,060	23
4	0,142	8	4	0,502	16	4	1,083	23
5	0,150	9	5	0,518	16	5	1,106	24
6	0,159	9	6	0,534	16	6	1,130	23
7	0,168	9	7	0,550	17	7	1,153	24
8	0,177	9	8	0,567	17	8	1,177	24
9	0,186	10	9	0,584	17	9	1,201	25
4.0	0,196		7.0	0,601		10.0	1,226	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
10,0	1,226	24	13,0	2,071		16,0	3,138	
1	1,250	25	1	2,103	32	1	3,177	39
2	1,275	25	2	2,136	33	2	3,217	40
3	1,300	26	3	2,168	32	3	3,257	40
4	1,326	25	4	2,201	33	4	3,297	40
5	1,351	26	5	2,234	33	5	3,337	41
6	1,377	26	6	2,267	34	6	3,378	40
7	1,403	27	7	2,301	33	7	3,418	41
8	1,430	26	8	2,334	34	8	3,459	42
9	1,456	27	9	2,368	34	9	3,501	41
11,0	1,483	27	14,0	2,402	35	17,0	3,542	42
1	1,510	28	1	2,437	35	1	3,584	42
2	1,538	27	2	2,472	34	2	3,626	42
3	1,565	28	3	2,506	36	3	3,668	43
4	1,593	28	4	2,542	35	4	3,711	43
5	1,621	28	5	2,577	36	5	3,754	43
6	1,649	29	6	2,613	36	6	3,797	43
7	1,678	29	7	2,649	36	7	3,840	44
8	1,707	29	8	2,685	36	8	3,884	43
9	1,736	29	9	2,721	37	9	3,927	44
12,0	1,765	30	15,0	2,758	37	18,0	3,971	45
1	1,795	29	1	2,795	37	1	4,016	44
2	1,824	30	2	2,832	37	2	4,060	45
3	1,854	31	3	2,869	38	3	4,105	45
4	1,885	30	4	2,907	38	4	4,150	45
5	1,915	31	5	2,945	38	5	4,195	45
6	1,946	31	6	2,983	38	6	4,240	46
7	1,977	31	7	3,021	39	7	4,285	46
8	2,008	32	8	3,060	39	8	4,332	46
9	2,040	31	9	3,099	39	9	4,378	47
13,0	2,071		16,0	3,138		19,0	4,425	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
19,0	4,425		22,0	5,932		25,0	7,661	
1	4,471	47	1	5,986	54	1	7,722	61
2	4,518	48	2	6,041	55	2	7,784	62
3	4,566	47	3	6,095	54	3	7,846	62
4	4,613	48	4	6,150	55	4	7,908	62
5	4,661	48	5	6,205	55	5	7,970	63
6	4,709	48	6	6,260	56	6	8,033	63
7	4,757	48	7	6,316	56	7	8,096	63
8	4,805	49	8	6,372	56	8	8,159	63
9	4,854	49	9	6,428	56	9	8,222	64
20,0	4,903	49	23,0	6,484	56	26,0	8,286	64
1	4,952	50	1	6,540	57	1	8,350	64
2	5,002	49	2	6,597	57	2	8,414	64
3	5,051	50	3	6,654	57	3	8,478	65
4	5,101	50	4	6,711	58	4	8,543	65
5	5,151	50	5	6,769	58	5	8,608	65
6	5,201	51	6	6,827	58	6	8,673	65
7	5,252	51	7	6,885	58	7	8,738	65
8	5,303	51	8	6,943	58	8	8,803	66
9	5,354	51	9	7,001	59	9	8,869	66
21,0	5,405	52	24,0	7,060	59	27,0	8,935	67
1	5,457	52	1	7,119	59	1	9,002	66
2	5,509	52	2	7,178	60	2	9,068	67
3	5,561	52	3	7,238	59	3	9,135	67
4	5,613	53	4	7,297	60	4	9,202	67
5	5,666	53	5	7,357	60	5	9,269	68
6	5,719	53	6	7,417	61	5	9,337	68
7	5,772	53	7	7,478	61	7	9,405	68
8	5,825	54	8	7,539	60	8	9,473	68
9	5,879	53	9	7,599	62	9	9,541	69
22,0	5,932		25,0	7,661		28,0	9,610	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
28,0	9,610	68	31,0	11,779	76	34,0	14,169	84
1	9,678	69	1	11,855	76	1	14,253	83
2	9,747	70	2	11,931	77	2	14,336	84
3	9,817	69	3	12,008	77	3	14,420	84
4	9,886	70	4	12,085	77	4	14,504	85
5	9,956	70	5	12,162	77	5	14,589	85
6	10,026	70	6	12,239	78	6	14,674	85
7	10,096	70	7	12,317	78	7	14,759	85
8	10,166	71	8	12,395	78	8	14,844	85
9	10,237	71	9	12,473	78	9	14,929	85
29,0	10,308	71	32,0	12,551	79	35,0	15,015	86
1	10,379	72	1	12,630	79	1	15,101	86
2	10,451	72	2	12,709	79	2	15,187	86
3	10,523	71	3	12,788	79	3	15,273	87
4	10,594	73	4	12,867	79	4	15,360	87
5	10,667	72	5	12,946	80	5	15,447	87
6	10,739	73	6	13,026	80	6	15,534	87
7	10,812	73	7	13,106	81	7	15,621	88
8	10,885	73	8	13,187	80	8	15,709	88
9	10,958	73	9	13,267	81	9	15,797	88
30,0	11,031	74	33,0	13,348	81	36,0	15,885	88
1	11,105	74	1	13,429	81	1	15,973	89
2	11,179	74	2	13,510	82	2	16,062	89
3	11,253	74	3	13,592	81	3	16,151	89
4	11,337	75	4	13,673	82	4	16,240	89
5	11,402	75	5	13,755	83	5	16,329	90
6	11,477	75	6	13,838	82	6	16,419	90
7	11,552	75	7	13,920	83	7	16,509	90
8	11,628	75	8	14,003	83	8	16,599	90
9	11,703	76	9	14,086	83	9	16,689	91
31,0	11,779		34,0	14,169		37,0	16,780	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
37,0	16,780	91	40,0	19,611	98	43,0	22,663	106
1	16,871	91	1	19,709	99	1	22,769	106
2	16,962	91	2	19,808	98	2	22,875	106
3	17,053	92	3	19,906	99	3	22,981	106
4	17,145	91	4	20,005	99	4	23,087	106
5	17,236	93	5	20,104	100	5	23,193	107
6	17,329	92	6	20,204	100	6	23,300	107
7	17,421	92	7	20,304	100	7	23,407	107
8	17,513	93	8	20,404	100	8	23,514	108
9	17,606	93	9	20,504	100	9	23,622	108
38,0	17,699	94	41,0	20,604	101	44,0	23,730	108
1	17,793	93	1	20,705	101	1	23,838	108
2	17,886	94	2	20,806	101	2	23,946	108
3	17,980	94	3	20,907	101	3	24,054	109
4	18,074	94	4	21,008	102	4	24,163	109
5	18,168	95	5	21,110	102	5	24,272	109
6	18,263	95	6	21,212	102	6	24,381	110
7	18,358	95	7	21,314	102	7	24,491	109
8	18,453	95	8	21,416	103	8	24,600	110
9	18,548	95	9	21,519	102	9	24,710	111
39,0	18,643	96	42,0	21,621	104	45,0	24,821	110
1	18,739	96	1	21,725	103	1	24,931	111
2	18,835	96	2	21,828	103	2	25,042	111
3	18,931	96	3	21,931	104	3	25,153	111
4	19,027	97	4	22,035	104	4	25,264	111
5	19,124	97	5	22,139	105	5	25,375	112
6	19,221	97	6	22,244	104	6	25,487	112
7	19,318	98	7	22,348	105	7	25,599	112
8	19,416	97	8	22,453	105	8	25,711	112
9	19,513	98	9	22,558	105	9	25,823	113
40,0	19,611		43,0	22,663		46,0	25,936	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
46,0	25,936	113	49,0	29,429	120	52,0	33,143	128
1	26,049	113	1	29,549	121	1	33,271	128
2	26,162	114	2	29,670	121	2	33,399	128
3	26,276	113	3	29,791	121	3	33,527	128
4	26,389	114	4	29,912	121	4	33,655	129
5	26,503	114	5	30,033	121	5	33,784	129
6	26,617	115	6	30,154	122	6	33,913	129
7	26,732	114	7	30,276	122	7	34,042	129
8	26,846	115	8	30,398	122	8	34,171	129
9	26,961	115	9	30,520	123	9	34,300	130
47,0	27,076	115	50,0	30,643	122	53,0	34,430	130
1	27,191	116	1	30,765	123	1	34,560	130
2	27,307	116	2	30,888	123	2	34,690	130
3	27,423	116	3	31,011	124	3	34,820	131
4	27,539	116	4	31,135	124	4	34,951	131
5	27,655	117	5	31,259	123	5	35,082	132
6	27,772	116	6	31,382	125	6	35,214	131
7	27,888	117	7	31,507	124	7	35,345	132
8	28,005	118	8	31,631	125	8	35,477	132
9	28,123	117	9	31,756	125	9	35,609	133
48,0	28,240	118	51,0	31,881	125	54,0	35,742	132
1	28,358	118	1	32,006	125	1	35,874	133
2	28,476	118	2	32,131	126	2	36,007	133
3	28,594	119	3	32,257	126	3	36,140	133
4	28,713	119	4	32,383	126	4	36,273	133
5	28,832	119	5	32,509	126	5	36,406	134
6	28,951	119	6	32,635	127	6	36,540	134
7	29,070	119	7	32,762	127	7	36,674	134
8	29,189	120	8	32,889	127	8	36,808	135
9	29,309	120	9	33,016	127	9	36,943	135
49,0	29,429		52,0	33,143		55,0	37,078	



$aY^2$ 

У КМ	$aY^2$ ММ	$\Delta$	У КМ	$aY^2$ ММ	$\Delta$	У КМ	$aY^2$ ММ	$\Delta$
55,0	37,078	134	58,0	41,233	142	61,0	45,609	150
1	37,212	136	1	41,375	143	1	45,759	150
2	37,348	135	2	41,518	142	2	45,909	149
3	37,483	136	3	41,660	143	3	46,058	150
4	37,619	136	4	41,803	144	4	46,208	151
5	37,755	135	5	41,947	143	5	46,359	151
6	37,890	137	6	42,090	144	6	46,510	151
7	38,027	137	7	42,234	144	7	46,661	152
8	38,164	137	8	42,378	145	8	46,813	151
9	38,301	137	9	42,523	144	9	46,964	152
56,0	38,438	137	59,0	42,667	145	62,0	47,116	152
1	38,575	138	1	42,812	145	1	47,268	152
2	38,713	138	2	42,957	145	2	47,420	153
3	38,851	138	3	43,102	145	3	47,573	153
4	38,989	138	4	43,247	146	4	47,726	153
5	39,127	139	5	43,393	146	5	47,879	153
6	39,266	139	6	43,539	146	6	48,032	154
7	39,405	139	7	43,685	147	7	48,186	154
8	39,544	139	8	43,832	147	9	48,340	154
9	39,683	140	9	43,979	146	9	48,494	154
57,0	39,823	140	60,0	44,125	148	63,0	48,648	155
1	39,963	140	1	44,273	147	1	48,803	154
2	40,103	140	2	44,420	148	2	48,957	155
3	40,243	141	3	44,468	148	3	49,112	156
4	40,384	141	4	44,716	149	4	49,268	155
5	40,525	141	5	44,865	148	5	49,423	156
6	40,666	141	6	45,013	149	6	49,579	156
7	40,807	142	7	45,162	149	7	49,735	157
8	40,949	142	8	45,311	149	8	49,892	156
9	41,091	142	9	45,460	149	9	50,048	157
58,0	41,233		61,0	45,609		64,0	50,205	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
64,0	50,205	157	67,0	55,022	164	70,0	60,059	172
1	50,362	157	1	55,186	165	1	60,231	172
2	50,519	158	2	55,351	165	2	60,403	172
3	50,677	158	3	55,516	165	3	60,575	173
4	50,835	158	4	55,681	166	4	60,748	172
5	50,993	158	5	55,847	166	5	60,920	173
6	51,151	158	6	56,012	166	6	61,093	173
7	51,309	159	7	56,178	166	7	61,266	174
8	51,468	159	8	56,344	166	8	61,440	174
9	51,627	159	9	56,510	167	9	61,614	174
65,0	51,726	159	68,0	56,677	166	71,0	61,788	174
1	51,945	160	1	56,843	167	1	61,962	174
2	52,105	160	2	57,010	168	2	62,135	176
3	52,265	160	3	57,178	167	3	62,311	175
4	52,425	160	4	57,345	168	4	62,486	175
5	52,585	161	5	57,513	168	5	62,661	176
6	52,746	161	6	57,681	168	6	62,837	175
7	52,907	161	7	57,849	169	7	63,012	176
8	53,068	162	8	58,018	169	8	63,188	176
9	53,230	162	9	58,187	169	9	63,364	176
66,0	53,392	162	69,0	58,356	169	72,0	63,540	177
1	53,554	162	1	58,525	170	1	63,717	176
2	53,716	162	2	58,695	170	2	63,893	178
3	53,878	163	3	58,865	170	3	64,071	177
4	54,041	163	4	59,035	170	4	64,248	178
5	54,204	163	5	59,205	170	5	64,426	178
6	54,367	163	6	59,375	171	6	64,604	178
7	54,530	164	7	59,546	171	7	64,782	178
8	54,694	164	8	59,717	171	8	64,960	179
9	54,858	164	9	59,888	171	9	65,139	179
67,0	55,022		70,0	60,059		72,0	65,318	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
73,0	65,318	179	76,0	70,797	186	79,0	76,496	194
1	65,497	179	1	70,983	187	1	76,690	194
2	65,676	180	2	71,170	187	2	76,884	194
3	65,856	179	3	71,357	187	3	77,078	194
4	66,035	181	4	71,544	188	4	77,272	195
5	66,216	180	5	71,732	187	5	77,467	195
6	66,396	181	6	71,919	188	6	77,662	196
7	66,577	180	7	72,107	188	7	77,858	195
8	66,757	181	8	72,295	188	8	78,053	196
9	66,938	182	9	72,483	189	9	78,249	196
74,0	67,120	181	77,0	72,672	188	80,0	78,445	196
1	67,301	182	1	72,860	190	1	78,641	197
2	67,483	182	2	73,050	189	2	78,838	196
3	67,665	183	3	73,239	190	3	79,034	197
4	67,848	182	4	73,429	190	4	79,231	197
5	68,030	182	5	73,619	190	5	79,418	198
6	68,212	183	6	73,809	190	6	79,626	198
7	68,395	184	7	73,999	191	7	79,824	198
8	68,579	183	8	74,190	191	8	80,022	198
9	68,762	184	9	74,381	191	9	80,220	198
75,0	68,946	184	78,0	74,572	191	81,0	80,418	199
1	69,130	184	1	74,763	192	1	80,617	199
2	69,314	184	2	74,955	192	2	80,816	199
3	69,498	185	3	75,147	192	3	81,015	199
4	69,683	185	4	75,339	192	4	81,214	200
5	69,868	185	5	75,591	193	5	81,414	200
6	70,053	186	6	75,724	193	6	81,614	200
7	70,239	186	7	75,917	193	7	81,814	201
8	70,425	186	8	76,110	193	8	82,015	200
9	70,611	186	9	76,303	193	9	82,215	201
76,0	70,797	186	79,0	76,496	193	82,0	82,416	201

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
82,0	82,416	201	85,0	88,557	209	88,0	94,919	215
1	82,617	202	1	88,766	208	1	95,134	216
2	82,819	201	2	88,974	209	2	95,350	217
3	83,020	202	3	89,183	209	3	95,567	217
4	83,222	203	4	89,392	210	4	95,784	216
5	83,425	202	5	89,602	209	5	96,000	217
6	83,627	203	6	89,811	210	6	96,217	218
7	83,830	203	7	90,021	211	7	96,435	217
8	84,033	203	8	90,232	210	8	96,652	218
9	84,236	203	9	90,442	211	9	96,870	218
83,0	84,439	203	86,0	90,653	211	89,0	97,088	218
1	84,642	204	1	90,864	211	1	97,306	218
2	84,846	204	2	91,075	212	2	97,524	219
3	85,050	204	3	91,287	211	3	97,743	219
4	85,254	205	4	91,498	212	4	97,962	220
5	85,459	205	5	91,710	213	5	98,182	219
6	85,664	205	6	91,923	212	6	98,401	220
7	85,869	205	7	92,135	213	7	98,621	220
8	86,074	206	8	92,358	213	8	98,841	220
9	86,280	206	9	92,561	213	9	99,061	221
84,0	86,486	206	87,0	92,774	213	90,0	99,282	221
1	86,692	206	1	92,987	214	1	99,503	221
2	86,898	207	2	93,201	214	2	99,724	221
3	87,105	206	3	93,415	214	3	99,945	222
4	87,311	207	4	93,629	215	4	100,167	221
5	87,518	208	5	93,844	214	5	100,388	222
6	87,726	207	6	94,058	215	6	100,610	223
7	87,933	208	7	94,273	215	7	100,833	222
8	88,141	208	8	94,488	215	8	101,055	223
9	88,349	208	9	94,703	216	9	101,278	223
85,0	88,557		88,0	94,919		91,0	101,501	

$aY^2$ 

У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$	У км	$aY^2$ мм	$\Delta$
91,0	101,501	223	94,0	108,303	231	97,0	115,326	238
1	101,724	223	1	108,534	231	1	115,564	239
2	101,947	224	2	108,765	231	2	115,803	238
3	102,171	224	3	108,996	231	3	116,041	239
4	102,395	224	4	109,227	232	4	116,280	239
5	102,619	224	5	109,459	232	5	116,519	239
6	102,843	225	6	109,691	232	6	116,758	239
7	103,068	225	7	109,923	232	7	117,097	240
8	103,293	225	8	110,155	233	8	117,237	240
9	103,518	226	9	110,388	232	9	117,477	240
92,0	103,744	225	95,0	110,620	233	98,0	117,717	240
1	103,969	226	1	110,853	233	1	117,957	241
2	104,195	226	2	111,086	233	2	118,198	240
3	104,421	227	3	111,319	234	3	118,438	241
4	104,648	226	4	111,553	234	4	118,679	242
5	104,874	227	5	111,787	235	5	118,921	241
6	105,101	227	6	112,022	234	6	119,162	242
7	105,328	227	7	112,256	235	7	119,404	242
8	105,555	228	8	112,491	235	8	119,646	243
9	105,783	228	9	112,726	235	9	119,889	242
93,0	106,011	228	96,0	112,961	235	99,0	120,131	243
1	106,239	228	1	113,196	235	1	120,374	243
2	106,467	229	2	113,431	236	2	120,617	243
3	106,696	229	3	113,677	237	3	120,860	244
4	106,925	229	4	113,904	236	4	121,104	244
5	107,154	229	5	114,140	237	5	121,348	244
6	107,383	230	6	114,377	237	6	121,592	244
7	107,613	230	7	114,614	237	7	121,836	245
8	107,843	230	8	114,851	238	8	122,081	244
9	108,073	230	9	115,089	237	9	122,325	245
94,0	108,303		97,0	115,326		100,0	122,570	

Таблица 8

$$\frac{Y_s^3}{6N^2}$$

$\frac{Y_s}{\text{км}} \frac{Y_s^3}{6N^2} \Delta$ мм			$\frac{Y_s}{\text{км}} \frac{Y_s^3}{6N^2} \Delta$ мм			$\frac{Y_s}{\text{км}} \frac{Y_s^3}{6N^2} \Delta$ мм			$\frac{Y_s}{\text{км}} \frac{Y_s^3}{6N^2} \Delta$ мм			$\frac{Y_s}{\text{км}} \frac{Y_s^3}{6N^2} \Delta$ мм		
1	0	0	21	38		41	281		61	926		81	2167	
2	0	0	22	43	5	42	302	21	62	972	46	82	2248	81
3	0	0	23	50	7	43	324	22	63	1020	48	83	2331	83
4	0	1	24	56	6	44	347	23	64	1069	49	84	2417	86
5	1	0	25	64	8	45	372	25	65	1120	51	85	2504	87
6	1	0	26	72	8	46	397	25	66	1172	52	86	2594	90
7	1	1	27	80	8	47	423	26	67	1226	54	87	2685	91
8	2	1	28	90	10	48	451	28	68	1282	56	88	2779	94
9	3	1	29	99	9	49	480	29	69	1340	58	89	2875	96
10	4	1	30	110	11	49	480	30	69	1340	59	89	2875	98
11	5	2	31	121	11	50	510	31	70	1399	60	90	2973	100
12	7	2	32	134	13	51	541	32	71	1459	63	91	3073	102
13	9	2	33	147	13	52	573	34	72	1522	64	92	3175	105
14	11	3	34	160	13	53	607	35	73	1586	66	93	3280	107
15	14	3	35	175	15	54	642	36	74	1652	68	94	3387	109
16	17	3	36	190	15	55	678	38	75	1720	70	95	3496	112
17	20	4	37	207	17	56	716	39	76	1790	72	96	3608	113
18	24	4	38	224	17	57	755	41	77	1862	73	97	3721	117
19	28	5	39	242	18	58	796	41	78	1935	75	98	3838	118
20	33	5	40	261	19	59	837	44	79	2010	78	99	3956	122
21	38	5	41	281	20	60	881	45	80	2088	79	100	4078	123
						61	926		81	2167		101	4201	

Примечание: Знак  $Y_s$  указывает знак величины  $\frac{Y_s^3}{6N^2}$

$$\frac{Y_s^3}{6N^2}$$

$Y_s$ км	$\frac{Y_s^3}{6N^2}$ мм	$\Delta$	$Y_s$ км	$\frac{Y_s^3}{6N^2}$ мм	$\Delta$	$Y_s$ км	$\frac{Y_s^3}{6N^2}$ мм	$\Delta$	$Y_s$ км	$\frac{Y_s^3}{6N^2}$ мм	$\Delta$	$Y_s$ км	$\frac{Y_s^3}{6N^2}$ мм	$\Delta$
101	420		121	723		141	1143		161	1702		181	2419	
		13			18			25			32			40
102	433		122	741		142	1168		162	1734		182	2459	
		13			18			25			33			41
103	446		123	759		143	1193		163	1767		183	2500	
		13			19			25			32			41
104	459		124	778		144	1218		164	1799		184	2541	
		13			19			26			33			42
105	472		125	797		145	1244		165	1832		185	2583	
		14			19			25			34			42
106	486		126	816		146	1269		166	1866		186	2625	
		14			20			27			34			42
107	500		127	836		147	1296		167	1900		187	2667	
		14			19			26			34			43
108	514		128	855		148	1322		168	1934		188	2710	
		14			21			27			35			44
109	528		129	876		149	1349		169	1969		189	2754	
		15			20			28			35			44
110	543		130	896		150	1377		170	2004		190	2798	
		15			21			27			36			44
111	558		131	917		151	1404		171	2040		191	2842	
		15			21			28			36			45
112	573		132	938		152	1432		172	2076		192	2887	
		16			22			29			36			45
113	589		133	960		153	1461		173	2112		193	2932	
		15			21			29			37			46
114	604		134	981		154	1490		174	2149		194	2978	
		16			23			29			37			47
115	620		135	1004		155	1519		175	2186		195	3025	
		17			22			30			38			46
116	637		136	1026		156	1549		176	2224		196	3071	
		16			23			30			38			48
117	653		137	1049		157	1579		177	2262		197	3119	
		17			23			30			38			47
118	670		138	1072		158	1609		178	2300		198	3166	
		17			23			31			39			48
119	687		139	1095		159	1640		179	2339		199	3214	
		18			24			31			40			49
120	705		140	1119		160	1671		180	2379		200	3263	
		18			24			31			40			49
121	723		141	1143		161	1702		181	2419		201	3312	

Примечание: Знак  $Y_s$  указывает знак величины  $\frac{Y_s^3}{6N^2}$

В заключение приведем пример.

В системе «Витолниeki» имеется точка с координатами Зольднера

$$X_v = -58608,02$$

$$Y_v = +46671,26$$

Требуется вычислить координаты Гаусса  $X_G$  и  $Y_G$ .

Во-первых, мы должны установить постоянные для данной системы. По известным соображениям, мы даем их здесь несколько измененными и координаты нулевой точки сдвинуты. Истинные значения находятся в ведомстве ГУГК-а.

$$X_0 = 6\ 282\ 431,874$$

$$Y_0 + 500\ \text{км} = 5\ 515\ 534,387$$

$$\sin \gamma = 0,00369523; \quad \cos \gamma = 0,99999317$$

$$2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} = 0,000\ 00\ 683$$

$$b = \frac{\sin \gamma}{2MN} = +4530 \cdot 10^{-20}; \quad \frac{2}{3} b = +3020 \cdot 10^{-20};$$

$$\frac{1}{3} b = 1510 \cdot 10^{-20}$$

$$c = -190458 \cdot 10^{-15}$$

Пользуясь приложенными таблицами, пишем:

$$Y_0 + 500\ \text{км} = 5\ 515\ 534,387$$

$$+ B = 46\ 887,511$$

$$+ cA^2 \quad \times 351 \quad \text{из таблиц}$$

$$+ \frac{2}{3} bX_v Y_v^2 \quad \times 6 \quad \text{.. ..}$$

$$+ \frac{1}{3} bX_s^3 \quad \times 7 \quad \text{.. ..}$$

$$Y_s + 500\ \text{км} = 5\ 562\ 421,242$$

$$\frac{Y_s}{6N^2} = 0,992 \quad \text{из таблиц}$$

$$Y_G = 5\ 562\ 422,23$$



$$\begin{aligned}
X_0 &= 6\,282\,431,874 \\
+ A &= \times 41\,564,841 \\
+ aAY_s^2 &= \times 7,209 \quad \text{из таблиц} \\
aX_v Y_v^2 &= 1,565 \quad \text{'' ''} \\
+ b X_v^2 Y_v &= 7 \quad \text{'' ''} \\
- \frac{1}{3} b Y_v^3 &= \times 8 \quad \text{'' ''}
\end{aligned}$$


---

$$X_G = 6\,223\,995,49$$

Во избежание вычитания в приведенном примере мы вместо отрицательных членов взяли их дополнения, к  $10^K$ , где  $K$  — целое число. При употреблении арифмометра в этом приеме нет необходимости.

### § 6. Трансформация с помощью вспомогательных точек

Хотя по вышеуказанным формулам перевычисление отдельной точки требует всего несколько минут времени, используя

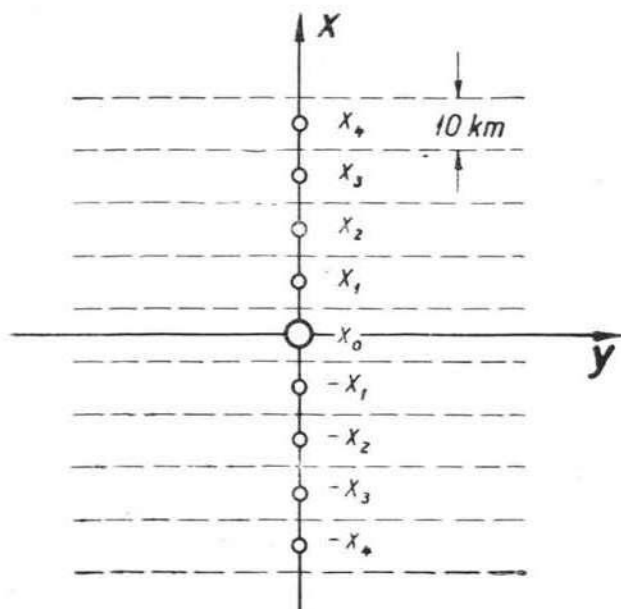


Рис. 2.

заранее составленные таблицы для поправочных членов; однако, при массовых вычислениях все-таки требуется значительный труд. Работа рационализируется введением вспомогательных точек.

Для этой цели подразделим данную систему Зольднера на полосы шириной в 10 км по направлению оси  $x$ -ов, а по направлению оси  $y$ -ов по всей данной системе Зольднера. Средние точки выбираем как вспомогательные. Для них вычисляем постоянные для перехода к координатам Гаусса (рис. 2).

Введем обозначения:

$$X_v - X_{vi} = \Delta X \quad (36)$$

$$\sin \gamma_i \cdot Y_v + \cos \gamma_i \Delta X = A_i \quad (37)$$

$$\cos \gamma_i \cdot Y_v - \sin \gamma_i \Delta X = B_i \quad (38)$$

Пользуясь вспомогательной системой « $i$ » формулы (32) и (33) примут вид:

$$Y_s = Y_i + B_i + c_i A_i^2 + \frac{2}{3} b_i (\Delta X) \cdot Y_v + \frac{1}{3} b_i (\Delta X)^3 \quad (39)$$

$$\begin{aligned} X_s = X_i + A_i + a A_i Y_s^2 - a (\Delta X) \cdot Y_v^2 + \\ + b_i (\Delta X)^2 \cdot Y_v - \frac{1}{3} b_i Y_v^3 \end{aligned} \quad (40)$$

Члены  $\frac{2}{3} b_i (\Delta X) \cdot Y_v$ ,  $\frac{1}{3} b_i (\Delta X)^3$  и  $b_i (\Delta X)^2 \cdot Y_v$ , как мало-значущие отпадут. При  $\Delta X \leq 5$  км и  $Y_v \leq 70$  км, в самом неблагоприятном случае, имеющем место при трансформации с системы «Рига» в зону 4, они практически равны 0.

Члены  $\left[ -a (\Delta X) \cdot Y_v^2 - \frac{1}{3} b_i Y_v^3 \right]$  упрощаются, а именно:

Из формулы (37) следует:

$$\cos \gamma_i \cdot \Delta X = A_i - \sin \gamma_i \cdot Y_v$$

Умножаем обе части уравнения на  $-a Y_v^2$

$$-a (\Delta X) \cdot \cos \gamma_i \cdot Y_v^2 = -a \cdot A_i \cdot Y_v^2 + a \cdot \sin \gamma_i \cdot Y_v^3$$

Принимаем  $\cos \gamma_i \approx 1$  ввиду незначительности выражения

$a = \frac{1}{2MN}$  и введя наши принятые обозначения:

$$a \cdot \sin \gamma_i = \frac{\sin \gamma_i}{2MN} = b_i,$$

получим:

$$-a(\Delta X) \cdot Y_v^2 - \frac{1}{3} b_i \cdot Y_v^3 = aA_i \cdot Y_v^2 + b_i Y_v^3 - \frac{1}{3} b_i \cdot Y_v^3$$

Так как поправочные члены находятся в пределах нескольких дециметров, то в них можно принять  $\gamma_i = \gamma_0$  и  $Y_i = Y_0$ . Тогда коэффициенты  $c$  и  $b$  примут постоянные значения во всей данной системе Зольднера, независимо от положения полюсы и окончательный вид формул:

$$Y_G = Y_s + \frac{Y_s^3}{6N^2}; \quad Y_s = Y_i + B_i + cA_i^2 \quad (41)$$

$$X_G = X_i + A_i + aA_i Y_s^2 - aA_i Y_v^2 + \frac{2}{3} bY_v^3 \quad (42)$$

Здесь  $X_i$  и  $Y_i$  координаты вспомогательной точки, соответствующие  $X_0$  и  $Y_0$  в формулах (32) и (33).

$\gamma_i$  — сближение меридианов осевой и вспомогательной точки.

Для выбора членов  $aA_i Y_s^2 - aA_i Y_v^2$  легко составляется номограмма. Она общая для всей Латвийской ССР. Таблица члена  $cA_i^2$  значительно сокращается, так как величина  $A$  ограничивается пятью километрами.

Так, например, для системы «Витолниеки» вспомогательные таблицы 4 и 6 примут вид:

$A_i$ км	$cA_i^2$ мм	$Y_v$ км	$\frac{2}{3} bY_v^3$ мм
1	0	20	0
2	1	30	1
3	2	40	2
4	3	50	4
5	5	60	7
6	7	70	10

Таблицы показывают, что члены  $cA_i^2$  и  $\frac{2}{3}bY_v^3$  по своим числовым значениям находятся в пределах одного сантиметра, а следовательно, при менее точных съемках формулы (41) и (42) еще более сократятся и примут вид:

$$Y_G = Y_s + \frac{Y_s^3}{6N^2}; \quad Y_s = Y_i + B_i \quad (43)$$

$$X_G = X_i + A_i + aA_i Y_s^2 - aA_i Y_v^2 \quad (44)$$

Для поправочных членов  $aA_i Y_s^2 - aA_i Y_v^2$  можно составить удобные номограммы. Трансформация одного пункта занимает только несколько минут времени и, следовательно, пользуясь методом вспомогательных точек, мы хотя и увеличиваем число вычисляемых постоянных, что является некоторым неудобством, но достигаем сокращения рабочих формул и удобства пользования; в этом и состоит преимущество изложенного метода. Он дает большую экономию во времени, когда перечислению подлежит большой район со множеством точек детальной съемки.

Вопрос трансформации нами был рассмотрен с учетом подразделения системы Гаусса на  $6^\circ$  зоны. Понятно, что по существу ничего не меняется, если введем и  $3^\circ$ -градусные зоны; выведенные формулы будут иметь силу и в этом случае, а при трансформации на более близкие расстояния они еще сократятся. Так напр., при переходе от системы Зольднера с нуль-пунктом «Рига» к системе Гаусса, с осевым меридианом  $\lambda = 24^\circ$ , величина  $cA^2$  при 20 км достигает только 3 см, а  $bX_v^2 Y_v$  практически — нуль.

В заключение следует указать, что выведенные выше формулы с успехом могут применяться не только в Латвийской ССР, но и за рубежом, где при производстве геодезических работ раньше пользовались системами Зольднера (например, в ГДР и некоторых районах Венгрии, Болгарии и Польши).

## § 7. Переход от координат системы Гаусса к координатам Зольднера

Казалось бы нецелесообразным поднимать вопрос о возвращении к оставленной системе Зольднера, если у нас имеются налицо координаты Гаусса. Но, как практика показала, такой вопрос поднимался не один раз.

У нас имеются планшеты кадастровой съемки в системе Зольднера. В ней же засняты и многие крупные массивы. Не редко можно удовлетвориться трансформацией с графической точностью. Достаточно перевычислить три или четыре корреспондирующие точки; после их совмещения остальные, в пределах планшета, можно перенести графически, либо простым перекальванием, либо выбрать их с координатной сетки Гаусса, по трансформированным точкам заранее нанесенной на планшет системы Зольднера.

Здесь можно руководствоваться более сокращенными формулами, выводимыми из формул прямой задачи, довольствуясь точностью в несколько сантиметров.

За исходные примем нами данные сокращенные формулы (34) и (35):

$$Y_G = Y_s + \frac{y_s^3}{6N^2}; \quad Y_s = Y_0 + B + cA^2$$

$$X_G = X_0 + A + aAY_s^2 - aX_v Y_v^2$$

Отсюда:

$$Y_s = Y_G - \frac{y_G^3}{6N^2} \quad (45)$$

Введем обозначения:

$$Y_s - Y_0 = M \quad (46)$$

$$X_G - X_0 = K \quad (47)$$

След.:

$$M = B + cA^2 \quad (48)$$

$$K = A + aAY_s^2 - aX_v Y_v^2 \quad (49)$$

Здесь:

$$X_v = \cos \gamma \cdot A - \sin \gamma \cdot B \quad (50)$$

$$Y_v = \cos \gamma \cdot B + \sin \gamma \cdot A \quad (51)$$

Подстановкой в формулы (50) и (51) значений (48) и (49), получим:

$$X_v = \cos \gamma \cdot K - \cos \gamma \cdot a \cdot AY_s^2 + \cos \gamma \cdot a \cdot X_v \cdot Y_v^2 - \\ - \sin \gamma \cdot M + \sin \gamma \cdot cA^2 \quad (52)$$

$$Y_v = \cos \gamma \cdot M - \cos \gamma \cdot cA^2 + \sin \gamma \cdot K - \\ - \sin \gamma \cdot aAY_s^2 - \sin \gamma \cdot aX_v \cdot Y_v^2 \quad (53)$$

Введя обозначения:

$$\cos \gamma \cdot K - \sin \gamma \cdot M = (X_v) \quad (54)$$

$$\cos \gamma \cdot M + \sin \gamma \cdot K = (X_v) \quad (55)$$

и допуская в поправочных членах замену  $A$  на близкую ей величину  $K$ , замечая, что  $\sin \gamma \cdot a = b$  согласно нами заранее принятому обозначению, и ввиду малозначности поправочного члена  $\cos \gamma \cdot aX_v \cdot Y_v^2$ , примем в нем значение  $\cos \gamma = 1$ .

Тогда:

$$X_v = (X_v) - \cos \gamma \cdot K \cdot aY_s^2 + a(X_v) \cdot (Y_v)^2 + \\ + \sin \gamma \cdot cK^2 \quad (56)$$

$$Y_v = (Y_v) - \cos \gamma \cdot cK^2 - bK \cdot Y_s^2 - \\ - b \cdot (X_v) \cdot (Y_v)^2 \quad (57)$$

где  $(X_v)$  и  $(Y_v)$  предварительно вычисляются из формул (54) и (55), а  $K$  и  $M$  получим из формул (46) и (47).

Этим вопрос разрешен.

Приведем пример, рассмотренный нами при прямой задаче. В системе Гаусса имеется точка с координатами:

$$X_G = 6\,223\,995,49 \text{ и} \\ Y_G = 5\,562\,422,23.$$

Требуется ее перевычислить в систему «Витолниеки».

$$Y_G = 5\,562\,422,23$$

$$\frac{Y_G^3}{6N^2} = -0,99 \text{ из таблицы 8}$$

$$Y_s = 5\,562\,421,24$$

$Y_0 = 5\,515\,534,39$  Постоянная нулевой точки  
в системе Зольднера

$$M = +46\,886,85$$

$$(Y_v) = +46\,670,59$$

$-\cos \gamma \cdot cK^2 =$	+0,65	Пользуясь таблицей 4
$-b \cdot KY_s^2 =$	1	„ „ 5
$-b(X_v) \cdot (Y_v)^2 =$	1	„ „ 5

$$Y_v = +46\,671,26$$

$$X_G = 6\,223\,995,49$$

$X_0 = 6\,282\,431,87$  Постоянная нулевой точки  
в системе Зольднера

$$K = -58\,436,38$$

$$(X_G) = -58\,609,25$$

$-\cos \gamma \cdot K \cdot aY_s^2 =$	$\times 7,21$	Пользуясь таблицей 7
$-bK \cdot Y_s^2 =$	1,56	„ „ 5
$-b(X_v) \cdot (Y_v)^2 =$	0	„ „ 5

$$X_v = -58\,608,02$$

В итоге нами получены исходные данные прямой задачи. В ряде случаев, когда от трансформации требуется только графич-

ческая точность, мы предлагаем предыдущие формулы еще сократить и пользоваться следующими:

$$\begin{aligned}
 Y_s &= Y_G - \frac{Y_G^3}{6N^2} \\
 Y_s - Y_0 &= M \\
 X_G - X_0 &= K \\
 (X_v) &= \cos \gamma \cdot K - \sin \gamma \cdot M \\
 (Y_v) &= \cos \gamma \cdot M + \sin \gamma \cdot K \\
 X_v &= (X_v) - K \cdot a Y_s^2 + a (X_v) \cdot (Y_v)^2 \\
 Y_v &= (Y_v) - cK^2
 \end{aligned} \tag{58}$$

### Выводы

1. При инженерно-технических исследовательских геодезических работах бывшая геодезическая основа Латвийской ССР подлежит перевычислению в единую систему СССР 1942 года, чтобы все данные могли быть использованы для целей картографии.

2. Более целесообразным признается метод непосредственного перехода от координатной системы Зольднера к системе Гаусса, минуя перевычисление в географические координаты.

3. Метод непосредственного перехода предоставляет преимущества при переходе от эллипсоида Бесселя к эллипсоиду Красовского, так как в пределах Латвийской ССР взятая система Зольднера проектируется с эллипсоида Бесселя на эллипсоид Красовского без практически заметных искажений.

4. Ввиду незначительных размеров территории Латвийской ССР, вспомогательные таблицы составляются с главными радиусами кривизны Земли, как с постоянными, выбирая их на средней широте республики.

5. Вычислительный процесс упрощается, если при трансформации пользоваться вспомогательными точками.

6. Выведенные формулы пригодны не только для Латвийской ССР, но также могут быть использованы во всех тех государствах, где в геодезических работах пользовались системами Зольднера (например, в ГДР, Венгрии, Болгарии и Польше).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по топографической съемке в масштабе 1 : 10000, Геодезиздат, Москва, 1950.
2. K. Menzins. Tiešā pāreja no Latvijas PSR Zoldnera koordinātu sistēmām uz PSRS konformo plaknes sistēmu hidromeliorācijas izmeklēšanas darbos (диссертация). Rīga, 1951.
3. Н. Г. Келль. Высшая геодезия и геодезические работы. Часть I, 1932.
4. В. Каган. Таблицы для нелогарифмического вычисления координат Гаусса-Крюгера, 1934.
5. Н. Н. Матусевич — К. В. Шарнгорст. Таблицы для вычисления геодезических широт, долгот, азимутов и плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера тригонометрических пунктов, 1938.
6. Проф. Ф. Н. Красовский и доц. А. А. Изотов. Таблицы для логарифмического вычисления координат Гаусса-Крюгера для широт от 30° до 80°. Эллипсоид Ф. Красовского, 1946.
7. K. Menzins. Daži vienkāršoti aprēķini Zoldnera sistēmā. Журнал «Zemes ierīcība» №№ 9—10, 11—12, Рига, 1938.

*К. К. КРЕЙШМАН, доцент, кандидат технических наук*

## **ЗАЩИТА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ ДРЕВОТОЧЦЕВ**

### **Предисловие**

В узко-специальной (зоологической) терминологии древо-точцами, или капюшонниками (*Bostrychidae*) называется одно из многочисленных семейств отряда жуков (*Coleoptera*), относящегося к классу насекомых (*Insecta*) типа членистоногих (*Arthropoda*).

Однако, упомянутые древоточцы — *Bostrychidae* являются весьма незначительными и мало распространенными разрушителями деревянных конструкций зданий и сооружений; гораздо в большей степени деревянные конструкции разрушают другие семейства отряда жуков, как, напр., точильщики (*Anobiidae*), усачи (*Cerambycidae*) и др., термиты (отряд *Isoptera*), относящиеся к тому же классу насекомых (*Insecta*), представители класса ракообразных (*Crustacea*) того же типа членистоногих (*Arthropoda*) и пластинчатожаберные, составляющие отдельный класс (*Lamellibranchia*) типа мягкотелых (*Mollusca*).

Всех представителей животного мира, разрушающих деревянные конструкции зданий и сооружений, автор и назвал одним общим техническим наименованием — **древоточцами**.

### **§ 1. Древоточцы**

Древоточцы, разрушающие деревянные конструкции зданий и сооружений, принадлежат к двум типам животных: членистоногим (*Arthropoda*) и мягкотелым (*Mollusca*).

А. При этом древоточцы, поражающие деревянные элементы зданий и сооружений на суше (т. е. надземных строительных объектов), относятся только к одному классу, и именно к классу насекомых (*Insecta*) типа членистоногих (*Arthropoda*).

Б. Морские деревянные сооружения разрушаются древо-точцами двух классов: класса ракообразных (Crustacea) типа членистоногих (Arthropoda) и класса пластинчатожаберных (Lamellibranchia) типа мягкотелых (Mollusca).

Таким образом, древоточцы принадлежат к трем классам животного мира:

насекомым (Insecta), ракообразным (Crustacea) и пластинчатожаберным (Lamellibranchia).

Б. Что касается типа позвоночных (Vertebrata), то к этому типу относятся только вторичные разрушители древесины класса птиц (Aves), а именно — дятлы (Piciformes), поражающие столбы, мачты, эстакады и т. п. сооружения, древесина которых уже повреждена насекомыми и включает в себе их личинки.

Видовой состав древоточцев группируется следующим образом.

#### А. Надземные древоточцы.

Тип: членистоногие — Arthropoda. Класс: насекомые — Insecta.

Отряд: жуки — Coleoptera.

Семейство: точильщики — Anobiidae. Виды: мебельный точильщик — *Anobium striatum* Ol. Syn. *Anobium domesticum* Geoffr.; домовый точильщик — *Anobium pertinax* L. Syn. *Coelostethus pertinax* L.; северный точильщик — *Anobium confusum* Kr. Syn. *Coelostethus confusus* Kr.; красноногий точильщик — *Anobium rufipes* F.; мягкий точильщик — *Anobium molle* L.; пёстрый точильщик — *Xestobium rufovillosum* De Geer Syn. *Anobium tessellatum* F. Syn. *Anobium rufovillosum* De Geer.; южный точильщик — *Oligomorus ptilinoides* Woll.; гребнеусый точильщик — *Ptilinus pectinicornis* L. Syn. *Anobium pectinicornis* L.; хлебный точильщик — *Stegobium paniceum* L.

Семейство: усачи, или дровосеки — Cerambycidae. Виды: серый домовый усач — *Hylotrupes bajulus* L. Syn. *Callidium bajulum* L.; одноцветный домовый усач — *Stromatium unicolor* Ol. Syn. *Stromatium fulvum* Vill.; усач фальдермана — *Chlorophorus faldermanni* Fald.; деревенский усач — *Criocerphalus rusticus* L.

Семейство: долгоносики, или слоники — Curculionidae. Вид: долгоносик-трухляк — *Codiosoma spadix* Hbst.

Семейство: короеды — Iridae Syn. Scolitidae. Вид: полосатый древесинник — *Xyloterus lineatus* Oliv.

Семейство: древогрызы — Lyctidae. Виды: бороздчатый древогрыз — *Lyctus linearis* Goeze; кавказский древогрыз —

*Lyctus suturalis* Fald.; опушённый древогрыз — *Lyctus pubescens* Panz.; одноцветный древогрыз — *Lyctus brunneus* Steph.

Семейство: капушонники, или древоточцы — *Bostrychidae*. Вид: капуцин — *Bostrychus capucinus* L.

Семейство: корабельщики, или сверлилы — *Lymexylonidae*. Виды: морской корабельщик — *Lymexylon navale* L.; кожистокрылый корабельщик — *Hylecoetus dermestoides* L. Syn. *Elateroides dermestoides* L.; веероусый корабельщик — *Hylecoetus flabellicornis* Schn. Syn. *Elateroides flabellicornis* Schn.

Семейство: узконадкрылые — *Oedemeridae*. Вид: *Nacerda melanura* L.

Отряд: термиты, или белые муравьи — *Isoptera*. Виды: туркестанский термит — *Hodotermes turkestanicus* Jak.; закаспийский термит — *Hodotermes vagans septentrionalis* Jak.; ангеровский термит — *Hodotermes ahngerianus* Jak.; европейский термит — *Leucotermes lucifugus* Rossi; средиземноморский термит — *Calotermes flavicollis* F.

Отряд: перепончатокрылые — *Hymenoptera*.

Семейство: муравьи — *Formicidae*. Вид: муравей-гигант — *Camponotus herculeanus* L. Syn. *Formica herculeana* L.

Семейство: рогахвосты — *Siricidae*. Вид: большой рогахвост — *Sirex gigas* L.

### Б. Морские древоточцы.

Тип: мягкотелые — *Mollusca*. Класс: пластинчатожаберные, или двухстворки — *Lamellibranchia*.

Отряд: настоящие пластинчатожаберные, или настоящие двухстворки — *Eulamellibranchia*.

Семейство: шашни, или корабельные черви — *Teredinidae*. Виды: *Teredo navalis*; *Teredo megotera*; *Teredo utriculus*; *Teredo maleolus*; *Teredo bipinnata*; *Teredo sinensis*; *Bankia sibirica*; *Bankia setacea*.

Семейство: фолалы — *Pholadidae*. Вид: морской финик — *Pholas dactylus* L.

Тип: членистоногие — *Arthropoda*. Класс: ракообразные — *Crustacea*.

Отряд: бокоплавы — *Amphipoda*.

Семейство: хелуриды — *Cheluridae*. Вид: бокоплав хелура — *Chelura terebrans* Philippi.

Отряд: равноногие — *Isopoda*.

Семейство: сферомиды — *Sphaeromidae*. Вид: древесинный ослик — *Limnoria lignorum* Rathke.

## В. Вторичные древооточцы.

Тип: позвоночные: — Vertebrata. Класс: птицы — Aves.

Отряд: дятлы — Piciformes. Виды: большой пестрый дятел — *Dendrocopus major* L. Syn. *Picus major* L.; зеленый дятел — *Picus viridis* L.; черный дятел — *Dryocopus martius* L. Syn. *Picus martius* L.

### § 2. Разрушения деревянных конструкций, вызываемые надземными древооточцами

Разрушения древесины, вызываемые насекомыми (Insecta) во многих странах земного шара достигают огромных размеров.

Так, напр., в США убытки от этих разрушений составляют прибл. 45 миллионов долларов ежегодно [1]. В Германии и Швеции в прибрежных районах, прилегающих к Балтийскому морю, серым домовым усачем (*Hylotrupes bajulus* L.) поражены 50—70% всех зданий [2].

В СССР разрушения деревянных конструкций древооточцами также достигают значительных размеров.

По данным Алексеева (1892 г.) в бывш. Орловской губ. было отмечено массовое разрушение лесных сторожек, вызванное серым домовым усачем (*Hylotrupes bajulus* L.), продолжавшееся в течение 10—15 лет [3].

По данным обследований, произведенных ЛНИИКХ (Ленинградским научно-исследовательским институтом коммунального хозяйства) в 1935—1938 гг., в четырех городах Ленинградской области — Красногвардейске, Ораниенбауме, Пскове и Новгороде — число зданий, поврежденных разрушителями древесины (т. е. жуками и грибами вместе) составляло в среднем 50—85%. При этом, 70% разрушений деревянных конструкций были вызваны жуками (главным образом, точильщиками — Anobiidae) и только 30% — грибами [4].

В Латвийской ССР (по данным 1940 г.) в прибрежной полосе шириною 20—50 км, прилегающей к Балтийскому морю от Литовской ССР до Рижского залива, сильные разрушения зданий были вызваны серым домовым усачем — *Hylotrupes bajulus* L.

Этим же древооточцем (согласно тем же данным) был нанесен сильный вред строительным объектам и на островах Эстонской ССР и в приморских районах Литовской ССР [2].

Подробные исследования деревянных конструкций жилых домов Тбилиси, произведенные Д. И. Лозовым в 1943 году, показали пораженность этих конструкций 16 видами древооточ-

цев: 14 видами из отряда жуков (Coleoptera) и 2 видами других отрядов насекомых (термитами *Leucotermes lucifugus* Rossi и шмелями-плотниками *Xylocopa violacea* L.):

<i>Anobium rufipes</i> F.	40%
<i>Anobium striatum</i> Ol.	26%
<i>Anobium</i> другие	13%
<i>Hylotrupes bajulus</i> L.	15%
<i>Stromatium unicolor</i> Ol.	0,4%
Cerambycidae другие	5%
<i>Xylocopa violacea</i> L.	0,4%
Другие древооточцы	0,2%
	100,0% [1]

Поражения деревянных конструкций жилых домов в Грузинской ССР по данным обследований за период 1941—1946 гг. распределяются следующим образом [5]:

Город	Число обследованных домов	Число поражений на 100 домов	Поражения вызваны в %		Поражения отдельных элементов зданий, вызванные насекомыми в %			
			грибами	насекомыми	в подвалах и подпольях	в междутажных перекрытиях	на чердаках	в открытых деревянных конструкциях
Тбилиси . . . . .	2776	480	55	45	24	26	30	20
Батуми . . . . .	236	492	72	28	27	20	17	36
Сухуми . . . . .	372	541	71	29	31	15	17	37
Гудаути . . . . .	44	507	79	21	3	9	27	61
Гагры . . . . .	40	550	62	38	25	18	16	41
Очемчурц . . . . .	42	618	77	23	5	15	32	48
Теберда . . . . .	100	295	83	17	10	6	2	82
Кутаиси . . . . .	154	337	60	40	д а н н ы х н е т			

Обследования жилых и коммунальных зданий в Ленинграде в 1945—1946 гг., проведенные ЛНИИКХ (Ленинградским научно-исследовательским институтом коммунального хозяйства), показали, что из 300 с лишним объектов, пораженных разрушителями древесины, в 132 объектах (45%) обнаружены повреждения, нанесенные насекомыми.

По данным М. А. Басова, выборочные обследования, проведенные в 1945—1947 гг. в Москве Московской Академией коммунального хозяйства им. Панфилова, показали, что в 367 обследованных зданиях было обнаружено 489 очагов поражения деревянных конструкций, из которых 172, т. е. 34% были вызваны насекомыми [6].

Что касается термитов, то они составляют основную массу древоточцев в жарких и тропических странах.

Так, напр., в Индии в Калькутте в 1814 г. был полностью разрушен термитами огромный дворец губернатора. В начале XIX века термитами был разрушен весь главный город Джемстоун на острове св. Елены. В южной Франции в начале прошлого столетия термиты *Leucotermes lucifugus* Rossi произвели большие опустошения в зданиях, главным образом, в городе Ля Рошель, где много домов обрушилось; в одной из гостиниц этого города во время завтрака все гости провалились через пол в подвал. В Шёнбрунне около Вены термитами были повреждены оранжереи. В Северной Америке в 1896 г. термиты напали на Национальный музей в Вашингтоне [7].

В 1954 г. в Германии в Гамбурге было снесено несколько зданий, разрушенных термитами [8].

В СССР термиты мало распространены (только в южных районах): вред, приносимый ими строительным объектам, сравнительно невелик и выражается, в основном, лишь в поверхностных разрушениях (напр., *Hodotermes turkestanicus* Jak.).

### **§ 3. Разрушения деревянных конструкций, вызываемые морскими древоточцами**

Морские древоточцы были известны уже в глубокой древности; разрушения, причиненные ими деревянным сооружениям и судам, уже давно описаны многими авторами (Плинием, Витрувием, и др. [9]). Большой вред свайным сооружениям дамб и зданий нанесли морские древоточцы, напр., в Голландии в XVIII и XIX столетиях.

В СССР в районах Советского Приморья ежегодные убытки от разрушений деревянных гидротехнических сооружений и судов, вызываемых морскими древоточцами, достигают 6—8 миллионов рублей [10].

### **§ 4. Условия разрушений деревянных конструкций, вызываемых надземными древоточцами**

Известны многочисленные исторические здания и сооружения, деревянные конструкции которых сохранились без повреждения насекомыми многие столетия.

Между тем, известно также и не мало случаев, когда в новостройках деревянные элементы разрушились древоточцами спустя весьма короткое время после окончания строительных работ.

Очевидно, что для развития древоточцев в древесине конструктивных элементов требуются вполне определенные условия. Что это за условия? Ответ на этот вопрос явился бы ключом к решению проблемы защиты деревянных конструкций от древоточцев, т. к. устранение условий (причины) предотвратило бы и возникновение разрушающего фактора, т. е. развитие насекомых. Однако, в имеющейся литературе и в описаниях исследований нет точной формулировки причин, вызывающих развитие древоточцев. Автор данного труда сделал попытку найти основное условие (причину) разрушения деревянных конструкций древоточцами, синтезируя те обстоятельства разрушения древесины, которые отмечены в разное время как отдельными исследователями, так и самим автором.

Первым исходным условием разрушения деревянных конструкций древоточцами является наличие в древесине яиц, личинок, куколок или взрослых форм насекомого, обуславливающих развитие древоточца.

Второе необходимое условия развитие древоточца — древесина, не содержащая химических веществ, вредных для насекомых (насекомые не нападают на древесину с большим содержанием смол, эфирных масел, камфоры и др.).

Третье условие — воздух, необходимый для дыхательных функций организма насекомого.

Далее, четвертым условием развития древоточца является температура среды (окружающего воздуха) в довольно широком диапазоне от  $-17$  до  $+49^{\circ}\text{C}$  (это крайние границы диапазона температуры, вне которых наступает летальное состояние всех стадий метаморфоза насекомого); оптимальными температурными условиями являются пределы  $+5$  —  $+25^{\circ}\text{C}$ , обуславливающие нормальную активность древоточца.

Пятое условие — влажность древесины, колеблющаяся в широких границах от 0 до 70% (абс.), причем оптимальным диапазоном влажности является содержание воды в древесине 10—35% (абс.), в зависимости от вида насекомого.

Наконец, шестым (основным) условием развития древоточца, по мнению автора, нужно считать предварительное поражение деревянных конструкций гнилостным процессом, т. е. наличие в древесине грибковых образований (гифов или мицелия) в активной, в пассивной или в отмершей стадии.

Подтверждением наличия шестого условия являются следующие обоснования:

а) Личные наблюдения автора, показывающие, что древоточцы (насекомые) поражают предварительно загнившую дре-



весину или же древесину, находящуюся в условиях, способствующих и обуславливающих развитие грибковых процессов. Так, напр., обычные случаи поражения древоточцами нижних венцов деревянных стен, неизолированных от грунтовой влаги и уже затронутых деструктивной гнилью; нередко разрушения насекомыми концов деревянных балок, заделанных в каменные стены и находящихся в тех условиях температурно-влажностного режима, которые вызывают развитие домового гриба; частым объектом комбинированного разрушения (грибы + насекомые) являются влажные деревянные перекрытия санузлов (напр., в ванных комнатах).

б) Выводы некоторых исследователей и ученых, изучавших условия развития древоточцев в деревянных сооружениях.

Так, напр., канд. хим. наук К. Криевс (1932 г.) прямо указывает, что серый домовый усач (*Hylotrupes bajulus* L.) нападает на древесину с признаками загнивания через 1—4 года после возведения построек [11].

Проф. А. В. Шестаков (1933 г.) отмечает, что жуки-усачи охотнее заселяют загнившую древесину, и что этот факт подтверждается опытом [3].

М. А. Басов (1949 г.) также отмечает, что жуки большей частью поражают увлажненные и загнившие деревянные элементы зданий [12].

Г. И. Мирзашвили (1950 г.) в результате обследований деревянных конструкций в Грузинской ССР указывает на следующие причины поражений древесины (грибами и древоточцами): порча водопроводных и канализационных сетей, порча кровли, узкие свесы крыш или узкие карнизы наружных стен и др. нерациональные конструктивные решения зданий, несоответствующие местным условиям [5].

в) Ф. Буб-Бодмар и Б. Тилгер (1922 г.) [13] и проф. А. В. Шестаков (1933 г.) [3] отмечают весьма показательный факт, что жуки семейства короедов (*Ipididae-Scolitidae*) выращивают в кормовых ходах для питания личинок грибок *Monilia candida*. А проф. К. Эшерих (1910 г.) [7] описывает подобный прием обеспечения кормовой базы — выращивание грибковых колоний — и у муравьев (грибы *Rozites gongylophora*) и у термитов (грибы *Lentinus*, *Armillaria*, *Xylaria*).

Что касается описанных в литературе фактов поражения древоточцами совершенно сухих деревянных конструкций, то автор считает, что в этих случаях, возможно, все же имело место наличие в древесине грибных образований (гифов), как остатков старых (прекратившихся) гниlostных процессов.

## § 5. Условия разрушений деревянных конструкций, вызываемых морскими древооточцами

Условия разрушения деревянных конструкций морскими древооточцами (в основном Teredinidae) резюмируются следующим образом.

Первое условие — личинки Teredinidae, обуславливающие развитие моллюска-дрвооточца.

Второе условие — древесина не содержащая химических веществ, вредных для моллюска: моллюски не нападают, напр., на пальмовые, мангровые, эвкалиптовые и др. деревья.

Третьим условием является вода, окружающая древесину.

Четвертое условие — наличие соли в воде — min. 5‰, opt. 18‰.

Пятое условие — температура воды, колеблющаяся в довольно широком диапазоне — 1(+5)—(+35)+37°C (вне границ этого диапазона наступает летальное состояние моллюска); оптимальными температурными условиями являются пределы +15—+30°C.

## § 6. Профилактические защитные мероприятия против надземных древооточцев

### *А. Мероприятия при заготовке лесоматериалов (пиломатериалов)*

1) Соблюдать чистоту в лесном хозяйстве: систематически очищать лес от ветровала, раскорчовывать и очищать вырубки.

2) Отбирать для рубки здоровые и неповрежденные насекомыми или грибами деревья.

3) Рубку деревьев проводить лучше зимой, т. к. в этот период года в древесине меньше соков (влаги) и в лесу нет летающих древооточцев (насекомых), могущих инфицировать срубленные деревья.

4) Обеспечить вывозку срубленных деревьев из леса до наступления весны.

5) До наступления весны провести окорку бревен и их очистку от луба, т. к. огромное большинство насекомых откладывают яйца под кору, и выходящие из них личинки питаются первоначально корой и лубом. Только весьма немногие древооточцы нападают на окоренную древесину.

6) Лесосклад (склад лесо- и пиломатериалов) необходимо устраивать по всем соответствующим правилам: территорию следует располагать на возвышенном месте с хорошим естественным отводом ливневых и талых вод; территория склада

должна быть тщательно очищена, трава — скошена или уничтожена гербицидами, поверхность земли — полита 10%-ным раствором железного купороса; штабели лесоматериалов необходимо располагать на высоких опорах (напр., бетонных столбах) и покрывать сверху крышами.

7) Необходимо тщательно осматривать лесо- и пиломатериалы и деревянные конструкции перед их применением в дело или укладкой в строительные объекты: зараженные грибами или пораженные древоточцами материалы и конструкции должны быть изъяты и стерилизованы или, в случае сильного разрушения, уничтожены (сожжены в топках котельных).

8) В высшей степени желательно применение воздушно-сухого лесоматериала, высушенного или естественным (на складах) или, что еще лучше, камерным способом, т. к. в последнем случае (при соответствующих температурах +50—+70°C, влажности воздуха 70—100% абс. и экспозициях 0,5—25 час.) достигается полная стерилизация древесины в отношении возможной инфекции ее древоточцами или грибами: древоточцы и грибы погибают во всех стадиях (яйца, личинки, куколки, жуки; мицелий, шнуры, пленки, плодовые тела, споры).

### *Б. Конструктивные мероприятия*

В строительстве зданий конструктивные мероприятия являются основным видом борьбы с надземными древоточцами, устраняющим шестое (основное) условие развития насекомых — гнилостные процессы в древесине.

Сущность этих конструктивных мероприятий: обеспечить деревянным элементам (конструкциям) зданий воздушно-сухой режим на весь период эксплуатации. Это значит, что рациональными конструктивными решениями следует изолировать деревянные элементы (стены, полы, перекрытия, перегородки, крыши и др.) от всех возможных источников увлажнения: а) от гидрогеологической влаги (т. е. от грунтовой воды и грунтовой капиллярной влаги), б) от монтажной, или строительной влаги (т. е. от той воды, которая вводится в строительные материалы при возведении зданий), в) от атмосферной влаги (от дождя и снега), г) от конденсационной влаги (образующейся на ограждающих поверхностях при недостаточности термического сопротивления ограждений), д) от увлажнений, возникающих при неисправностях санитарно-технических устройств (при порче водопроводных и канализационных сетей и оборудования) и е) от эксплуатационной влаги (от испарений, образующихся при варке пищи, стирке белья и т. п.).

Комплекс конструктивных противогрибковых мероприятий разработан автором данного труда и издан отдельной книгой [14]; исходными данными для разработки комплекса упомянутых мероприятий автору послужили его исследования развития противогнилостной защиты, начиная с древнейших приемов русских и латышских народных зодчих и кончая современной советской строительной техникой.

Что касается специфики конструктивной защиты, направленной исключительно против древоточцев, то здесь следует отметить следующие мероприятия:

1) Оштукатуривание деревянных поверхностей (стен, перегородок, столбов, перекрытий), т. к. самки жуков не откладывают яйца на штукатурку; при этом должно быть обращено особое внимание на правильное конструктивное оформление наружных стен в двух узловых сопряжениях: внизу — штукатурный слой стены должен быть отделен от фундаментов слоем гидроизоляции, и наверху — стена должна быть завершена широким свесом крыши или широким венчающим карнизом.

Против термитов:

2) Опирающие объекта на каменные столбы — фундаменты, высотой 0,5 м, т. е. устройство открытого подполья под полом первого этажа. Это затрудняет доступ термитов к деревянным частям, а если они и попытаются по каменным столбам добраться до дерева, то это можно будет легко заметить по их галлереям и принять своевременно меры к ликвидации опасности.

3) Устройство сплошной (непрерывной) асфальтовой отмостки шириною 0,5 м вокруг периметра здания; термиты не выносят запаха асфальта и, дойдя до края отмостки, поворачивают назад. Правда, это мероприятие является эффективным только против тех видов термитов, которые строят надземные галлереи, как, напр., закаспийский, ангеровский, европейский термиты. Против туркестанского термита способ отмостки может оказаться безуспешным, т. к. этот термит передвигается по подземным ходам; тогда рационально строить здания на каменных столбах — фундаментах.

Для открытых (т. е. непокрытых крышами) надземных сооружений (столбов, эстакад и др.) конструктивные мероприятия, устраняющие возникновение и развитие гнилостных процессов, должны быть направлены к скорейшему удалению атмосферной влаги с плоскостей конструктивных элементов. Для этой цели следует настилы устраивать с соответствующими уклонами (для стекания воды), сопряжения (врубки) выполнять особенно тщательно и плотно (без зазоров, где могли бы скапливаться осадки), особо ответственные узлы перекрывать ко-

зырьками (крышками), верхние концы столбов защищать конусообразными металлическими колпачками и т. п.

Необходимо отметить, что для таких открытых надземных сооружений конструктивные мероприятия все же не являются главными (см. ниже).

### *В. Химические мероприятия*

Химические мероприятия, т. е. введение в древесину химических веществ, при наличии которых невозможно развитие насекомых, являются необходимым дополнением к основным (конструктивным) мероприятиям при строительстве зданий и главным способом защиты открытых сооружений.

Особенно важное (решающее) значение имеют упомянутые химические вещества для предотвращения развития насекомых в древесине в первые годы после окончания строительных работ в том случае, если при строительстве были применены деревянные конструкции с повышенной влажностью.

Какие же это химические вещества, обуславливающие защиту деревянных конструкций от древоточцев?

Прежде всего, это т. н. антисептики (противогнилостные вещества), устраняющие возникновение грибковых процессов, а тем самым и косвенно предотвращающие развитие насекомых. Антисептирование деревянных конструкций должно производиться обязательно и с особой тщательностью и полностью — в соответствии с действующей Инструкцией [15].

Новые эффективные способы антисептирования деревянных конструкций в последнее время предложили видные советские исследователи и ученые: Горшин С. Н., Калниныш А. И., Лекторский Д. Н., Петри В. И., Рыкачев П. И., Фоломин А. И и др.

Как показывают исследования Б. В. Княжецкого (1949 г.) [16], антисептики непосредственно влияют и на древоточцев, прекращая их жизнедеятельность. При этом самым верным и самым дешевым средством профилактической защиты деревянных конструкций оказались антисептические обмазки (т. е. нанесение растворов антисептика кистями на поверхность древесины): насыщенный водный раствор кремнефтористого натрия, 3% -ный водный раствор фтористого натрия (ни одно яйцо, отложенное самкой жука на антисептированную поверхность древесины, даже не развилось!), карболинеум (пары его быстро убивали жуков, и они погибали, не успев даже отложить яйца!). Вполне положительные результаты дали также и антисептические пасты (суперобмазки) на фтористом или кремнефтористом натрии.

Сильнейшее предохранительное действие оказывают каменноугольное креозотовое масло и некоторые другие маслянистые антисептики.

Защитное профилактическое действие антисептиков против жуков подтверждают также В. Н. Петри и А. Л. Дулькин [17], а против термитов К. Эшерих [7].

Имеются предложения применять комбинированные химические составы, заключающие в себе вещества, избирательно (специфически) действующие и на грибы и на насекомых. Таковы, например, рецепты составов, разработанные А. Сильвестровым (1952 г.) [18]:

Фенолят натрия=едкий натр 0,6 ч. + вода 9 ч. + фенол 1 ч. + 28% -ный ДДТ 1,5 ч. или

Фенолят калия=едкий калий 0,4 ч. + вода 9 ч. + фенол 1 ч. + 28% -ный ДДТ 1,5 ч.

Эти составы являются и фунгицидами (т. е. антисептиками), ядовитыми для грибов, и инсектицидами, убивающими насекомых.

Что же касается инсектицидов, т. е. химических веществ, ядовитое действие которых направлено только на насекомых, то их рецептура весьма разнообразна. Предложено много инсектицидов, в состав которых входят скипидар, керосин, иод, нафталин, бензин и др. вещества. Однако, такие инсектициды, как правило, применяются не в качестве профилактических мероприятий, а как средство истребления насекомых, уже развившихся в древесине (об этом см. ниже).

### *Г. Периодический контроль*

К профилактическим мероприятиям относится также и периодический контроль (осмотр) всех деревянных конструкций зданий и сооружений, который следует производить ежегодно. При обнаружении грибковых процессов или поражения древесины насекомыми должны приниматься немедленные меры по ликвидации локальных очагов разрушения: изъятие конструкций, потерявших механическую прочность, устранение источников увлажнения, противогрибковый ремонт и специфические инсектицидные (истребительные) мероприятия.

## **§ 7. Истребительные мероприятия против надземных древоточцев**

Гораздо труднее и сложнее проводить мероприятия по истреблению древоточцев, развившихся в древесине конструкций.

Если при этом деревянные конструкции разрушены настолько, что потеряли необходимую механическую прочность, то, конечно, их следует изъять и уничтожить — сжечь в изолированных огневых точках (напр., в топках центрального отопления) для предупреждения распространения инфекции.

Если механическая прочность деревянных конструкций практически не нарушена, то необходимо провести соответствующие мероприятия по истреблению насекомых.

### *А. Антисептики (фунгициды)*

Как показали специальные исследования Б. В. Княжецкого (см. выше), покрытия (обмазки) деревянных конструкций, пораженных древоточцами, растворами антисептических солей (фтористого и кремне-фтористого натрия и др.) не приостанавливали развитие насекомых и не удержали жуков от вылета из древесины.

Точно так же не задержали вылета молодых жуков и антисептические пасты. Однако, здесь важно отметить следующие интересные факты. Простые водные растворы фтористого и кремне-фтористого натрия хотя и не задержали молодых жуков от вылета из древесины, но тем не менее сильно понизили их продуктивность и жизнеспособность личинок. Лучшим оказался 4%-ный водный раствор мышьяковисто-кислого натрия (яд!): хотя часть молодых жуков вылетела, но нового поколения они не дали!

Те же опыты Б. В. Княжецкого показали, что обмазки (водные растворы) действуют сильнее, чем антисептические пасты, хотя в последних концентрации антисептика больше; это объясняется тем, что чем слабее концентрация яда, тем менее его замечают жуки и тем вернее он вызывает их медленное отравление; сильную же концентрацию антисептика жуки замечают, не питаются сильно импрегнированной древесиной, не проглатывают ее, а только прогрызают ее и верхний слой пасты и выбираются, таким образом, наружу.

Исследования Б. В. Княжецкого показали далее, что действительно истребительное действие оказывает карболинеум: из образцов древесины, пораженных древоточцами и обмазанных карболинеумом (300 г/м<sup>2</sup>), не вылетел ни один жук! — личинки либо погибли от голода, отказываясь питаться резко пахнущей карболинеумом древесиной, либо ушли вглубь древесины, где и окуклились; вышедшие же из куколок жуки не могли прогрызться сквозь толстые древесные слои и также погибли [16].



Эффективным и проверенным средством истребления древоточцев являются обмазки каменноугольным креозотным маслом или антраценовым маслом — 500 г/м<sup>2</sup>; это к тому же и наиболее простой и дешевый способ, который рекомендуют многие исследователи и ученые (Г. Г. Карлсен — 1952 г., Б. Н. Петри и А. Л. Дулькин — 1950 г., М. А. Басов — 1949 г., Н. И. Тузов — 1941 г., М. Н. Римский-Корсаков — 1938 г., П. В. Хижинский — 1936 г., А. В. Шестаков — 1933 г., Ф. Буб-Бодмар и Б. Тилгер — 1922 г. и др.).

Канд. техн. наук М. А. Басов [12] рекомендует применение 30 %-ного водного раствора парафазной фенольной смолы (200 г/м<sup>2</sup>).

Канд. биол. наук В. Н. Петри [17] указывает на положительные истребительные результаты, полученные им при опытах с применением водных растворов смеси фтористого натрия с фтористым аммонием.

### *Б. Инсектициды.*

Химические вещества, которые действуют уничтожающе только на насекомых, предложены и испытаны многими авторами.

Инж. Н. И. Тузов [4, 19] разработал несколько рецептов истребительных обмазок:

- 1) Креозот или карболинеум 1 ч. + керосин 3 ч.
- 2) Скипидар 1 ч. + керосин 3 ч.
- 3) Насыщенный раствор нафталина в бензине.
- 4) Скипидар 100 ч. + керосин 100 ч. + фенол (крист.) 5 ч. + лизол 3 ч. + деготь (древесн.) 10 ч. + иод (крист.) 2 ч.
- 5) Скипидар 100 ч. + керосин 100 ч. + нафталин 10 ч. + фенол (крист.) 5 ч. + лизол 3 ч. + деготь (древесн.) 10 ч.
- 6) Скипидар 100 ч. + керосин 10 ч. + нафталин 10 ч. + фенол (крист.) 5 ч. + деготь (древесн.) 10 ч.

Упомянутые составы (300—500 г/м<sup>2</sup>) наносятся на поверхность деревянных конструкций малярными кистями или при помощи распылителя (гидропульта или краскопульта). При этом конструкции рекомендуется покрывать инсектицидами два раза (с перерывом 2—3 дня), после чего поверхность древесины следует прошпаклевать следующей замазкой: канифоль 15 ч. + древесные опилки (мелкие) 5 ч. + денатурат (спирт) 30 ч. + креолин 3 ч. + гипс 25 ч. + мел 25 ч. (П. В. Хижинский) [20].

Этой замазкой покрываются все неровности, трещины и лётные отверстия на поверхности древесины, а также места сопряжений (стыки, врубки) деревянных элементов.



Аналогичные составы инсектицидов описывает П. В. Хижинский [20]:

1) Керосин 100 ч.+скипидар 100 ч.+креозот 2 ч.+нафтализол 10 ч.+нафталин 15 ч.

2) Керосин 100 ч.+олифа 100 ч.+нафтализол 25 ч.+нафталин 15 ч.

3) Скипидар 200 ч.+деготь 100 ч.+креозот 15 ч.+нафталин 30 ч.

и др.

Истребительными свойствами, по опытам Б. В. Княжецкого (см. выше), обладают и следующие нефтяные масла: пиро-нафт, соляровое масло и вазелиновое масло, вызывающие 100%-ную гибель личинок насекомых.

К сильнодействующим относится состав, указанный проф. М. Н. Римским-Корсаковым [21]: спирт 100 ч.+сулема 3 ч. (Яд!).

Академик А. И. Калниньш [22] рекомендует применять для истребительных мероприятий (в количестве 500 г/м<sup>2</sup>):

а) подсмольную воду с примесью (2—4%) борной кислоты или буры или

б) древесную смолу хвойных пород (фракции 150—250°C) или

в) хлорнафталин или

г) карболинеум (или древесную смолу) с примесью (6%) технического ДДТ или гексахлорана.

Примечание: гексахлоран не следует применять в жилых помещениях, т. к. вдыхание его вызывает раздражение и заболевание печени и почек.

Инж.-хим. М. М. Калниньш (лаборатория им. Д. И. Менделеева, Рига, 1955 г.) с успехом применяет для истребительной борьбы следующие инсектициды:

1) Четыреххлористый углерод 10 ч.+ДДТ технический 1 ч.

2) Четыреххлористый углерод 10 ч.+гексахлоран технический 1 ч.

3) Керосин 10 ч.+ДДТ технический 1 ч.

4) Керосин 10 ч.+гексахлоран технический 1 ч.

В упомянутых рецептурах основными убивающими насекомых веществами являются ДДТ и гексахлоран. При этом, наиболее эффективен гексахлоран (однако, он ядовит и обладает весьма сильным неприятным запахом!). Четыреххлористый углерод и керосин являются растворителями ДДТ и гексахлорана; четыреххлористый углерод — негорюч (но дорог и

дефицитен), а керосин — горюч (однако дешев и недефицитен).

Упомянутые инсектициды весьма летучи. Поэтому, после нанесения их на поверхность деревянных конструкций (кистью или распылителем) они довольно быстро исчезают (испаряются) из древесины. Эффективным способом применения этих составов является введение их в толщу деревянных элементов — в предварительно просверленные в древесине отверстия (диаметром 15—20 мм, глубиной на  $\frac{3}{4}$  толщины элемента и на взаимном расстоянии 20—50 см).

Упомянутые истребительные мероприятия (антисептики и инсектициды) применяются и в борьбе с термитами. Однако, в этом случае необходимо учитывать биологическую специфику термитов, а именно — их жизнь обществами, в термитниках, на расстоянии от строительных объектов. Поэтому, нельзя ограничиваться истреблением термитов в том или ином здании или сооружении, а следует уничтожить их и в гнездах (в термитниках), т. к. в противном случае термиты снова нападут на строительные объекты. Для уничтожения термитов в гнездах применяется много способов. Так, напр., в Средней Азии термитники уже с давних пор заливают мазутом или нефтью. Проф. К. Эшерих [7] рекомендует для этой цели накачивать в гнезда смесь паров серы и мышьяка. Весьма эффективным средством является применение керосинового раствора гексахлорана (или ДДТ).

Истребление древоточцев антисептиками и инсектицидами имеет ряд технических трудностей и несовершенств, а также и препятствия с санитарно-гигиенической точки зрения.

Антисептики и инсектициды удобно наносить на открытые деревянные конструкции (башни, эстакады, мосты и др.), учитывая, однако, при этом, что маслянистыми составами нельзя покрывать мокрую древесину (т. к. это вызовет ее загнивание), а с другой стороны следует иметь в виду, что немаслянистые химикаты быстро выщелачиваются (вымываются) из древесины под влиянием атмосферных осадков.

Много неудобств имеет применение антисептиков и инсектицидов, как истребляющих средств, в существующих зданиях: необходимо разбирать деревянные конструкции, напр., междуэтажные перекрытия, полы первого этажа в бесподвальных частях зданий и др., отбивать штукатурку со стен, перегородок, с перекрытий и с других конструктивных элементов, разламывать кирпичную кладку стен с целью открытия концов деревянных балок в гнездовых опорах и т. п.

Многие эффективные химикаты вследствие их резкого и длительного запаха или ядовитости (напр., каменноугольное креозотовое масло, гексахлоран и др.) не могут быть применены для истребительных мероприятий в жилых и общественных зданиях, в складах продуктов питания и в других объектах.

В упомянутых строительных объектах недопустимо применение и составов, содержащих соединения мышьяка, сулему и др. яды, опасные для здоровья человека.

Не во всех случаях, конечно, допустим и способ введения химикатов в предварительно просверленные отверстия — это может вызвать ослабление несущих конструкций (перекрытий, ферм и др.).

### *В. Газация (фумигация)*

Для истребительной борьбы с древоточцами уже давно предложен способ газации деревянных элементов сероуглеродом, хлорпикрином или синильной (цианистой) кислотой. Для этой цели помещения предварительно освобождаются от жильцов и продуктов питания, все щели и сопряжения заполняются оконных и дверных проемов замазываются алебастровым раствором и заклеиваются вощаной бумагой, наглухо закрываются отверстия вентиляционных каналов, топочные дверцы и поддувала печей и очагов и т. п. — короче говоря: помещения «герметизируются». Газация («одымление» = фумигация) должна продолжаться 3—5 суток, после чего требуется основательное и длительное проветривание (сквозняком) помещений и последующая замазка лётных отверстий на поверхности деревянных конструкций.

Газация, как истребительное мероприятие, не получила практического распространения вследствие ряда недостатков: 1) вышеупомянутые химикаты (в особенности синильная кислота!) являются сильнейшими ядами для человека и 2) проникание газа в толщу деревянных конструкций, в концы замурованных в каменные стены деревянных балок, в наружные слои наружных деревянных стен и т. п. весьма затруднено, ввиду чего истребительный эффект сильно снижается, и газация не всегда достигает цели.

Примечание: способ газации с 100 %-ным истреблением древоточцев осуществим только в специальных вакуум-камерах для обезвреживания, напр., мебели и других небольших и транспортабельных деревянных предметов.

### *Г. Горячий воздух.*

«Горячий воздух сушильных камер уничтожает также личинки домовых точильщиков, которые при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$  погибают через 3 часа» [23].

Применение горячего воздуха непосредственно в зданиях для прогревания деревянных конструкций практически не применяется вследствие отрицательного влияния высокой температуры на физико-механические свойства древесины\* (начальная температура воздуха у выходной трубы калориферного вентилятора достигает  $+150^{\circ}\text{C}$ ): древесина рассыхается (коробится, трескается) и разлагается (как известно, при температуре выше  $+105^{\circ}\text{C}$  из древесины выделяются летучие вещества), вместе с деформацией древесины деформируется (трескается) и штукатурка, портится окраска и т. п.

### *Д. Токи высокой частоты (ТВЧ).*

Г. Е. Осмоловский [6] предложил оригинальный способ уничтожения древоточцев токами высокой частоты непосредственно в зданиях (без вскрытия деревянных конструкций). Для этой цели Г. Е. Осмоловский рекомендует применять 10—30-киловаттные генераторы высокой частоты примерно такой же конструкции, как для сушки древесины в промышленности; электроды должны быть «гибкой» конструкции в виде металлических сеток, натянутых на металлические рамы с шарнирно сопряженными углами, площадью не менее  $1 \text{ м}^2$ . При этом способе прогрев древесины, заключенной между двумя электродами, происходит без непосредственного контакта с теплоносителем и протекает одновременно и равномерно во всей толще конструкции; температура наружных слоев древесины несколько ниже температуры внутренних слоев (вследствие теплоотдачи!) древесина при этом не трескается и отделка ее (окраска, полировка) не претерпевает никаких изменений. На опытных установках с частотой колебаний 70 мгц и мощностью 0,3 квт, при внутренних температурах древесины  $+44,5—+99^{\circ}\text{C}$  и при экспозиции 1—120 минут (в зависимости от влажности и толщины образцов) Г. Е. Осмоловский вызывал 100%-ную гибель жуков-точильщиков *Anobium pertinax* L. и *Anobium striatum* Ol. во всех стадиях развития (яйцо-личинка-куколка-жук). Стоимость такой обработки деревянного перекрытия обходится при бл. 9 рублей  $\text{м}^2$ , т. е. примерно в 10 раз дешевле обычного способа со вскрытием, антисептированием и заделкой деревянных конструкций. Метод, предложенный Г. Е. Осмоловским, за-

служивает самого серьезного внимания. Хотя он еще и не решает всех практических вопросов, связанных с проблемой истребительной борьбы с насекомыми: как подвергнуть действию ТВЧ концы деревянным балок, заделанных в каменные стены? Как применить этот метод для деревянных полов первого этажа при отсутствии подвалов? и др. Очевидно, метод Г. Е. Осмоловского требует еще доработки.

### *Е. Другие мероприятия.*

Среди других мероприятий, направленных на уничтожение развившихся в деревянных конструкциях древоточцев, следует отметить возможность использовать в будущем ультразвуки, которые уже теперь находят широкое практическое применение в народном хозяйстве СССР. Ультразвуки это высокие неслышимые звуки. Частоты применяемых в промышленности ультразвуков находятся в диапазоне 15.000—15.000.000 колебаний в секунду. При этом энергия ультразвуков в десятки и сотни миллионов раз больше, чем энергия слышимых звуков; мощность ультразвуковых колебаний исчисляется десятками и сотнями ватт. При прохождении ультразвуков через жидкость, последняя разрывается на ряд маленьких полостей (кавитационных пузырьков), которые после кратковременного существования захлопываются; при этих захлопываниях развиваются огромные мгновенные давления, достигающие десятков тысяч атмосфер и сопровождающиеся сильными местными повышениями температуры. Этим очевидно, и объясняется быстрая гибель мелких животных (мышей, лягушек и др.) после облучения их ультразвуками большой мощности. Ясно, что более мелкие организмы (личинки, жуки) должны погибнуть под воздействием ультразвука еще быстрее. Однако, и на этом пути предстоит преодолеть ряд технических трудностей, т. к. ультразвуковые волны проникают в древесину на сравнительно небольшую глубину.

При проведении мероприятий, направленных на истребление древоточцев, следует всегда учитывать два основных момента:

- 1) истребительную борьбу с древоточцами проводить весной перед вылетом жуков из деревянных конструкций, когда личинки подходят к наружным слоям древесины и окукливаются;

- 2) одновременно с истребительной борьбой с древоточцами проводить и противогрибковый ремонт зданий и сооружений.

## § 8. Профилактические защитные мероприятия против морских древоточцев

### *А. Конструктивные мероприятия.*

Среди конструктивных мероприятий, применявшихся с успехом уже в древние времена, следует отметить способ обивки поверхности свай широкошляпными железными гвоздями (диаметр шляпки 10—12 мм) длиной прибл. 25 мм, забиваемыми в древесину через каждые 15 мм.

Аналогичным способом является обивка свай железными полосами сечением 3×25 мм, набиваемыми спиралеобразно на взаимном расстоянии 60—100 мм (полосы прибиваются гвоздями через 300 мм). Эти конструктивные способы оказались сильнейшим средством борьбы с морскими древоточцами: срок службы свай достигал 40 и более лет! Эффективность обивки гвоздями и полосами объясняется следующим образом: окислы железа, образующиеся в результате ржавения гвоздей или полос в морской воде, пропитывают древесину свай и химически отрицательно воздействуют на древоточцев, предупреждая или прекращая их развитие. Конечно, и в наши дни эти способы могут с успехом применяться, однако, они неиндустриальны и требуют расхода большого количества металла.

Среди других конструктивных мероприятий следует отметить т. н. поверхностные обшивки (футляры, обсадные трубы, «муфты») из различных материалов: чугунные трубы, защищающие сваи неограниченно долго, т. к. чугун стоек против воздействия морской воды; обшивка металлом Мюнца (60% меди + 40% цинка) удлиняет срок службы свай до 30 лет; листовая медь защищает сваи в течение прибл. 20 лет; быстрее разрушаются в морской воде железные трубы; бетонные или железо-бетонные кольцевые секции, надеваемые на сваи после их забивки, защищают древесину свай до 12 лет.

При применении упомянутых обшивок (труб, кольцевых секций и т. п.) следует тщательно заполнять тощим бетоном зазоры между сваями и обшивкой.

В простейшем случае защитными свойствами обладает и кора: неокоренные сваи не поражаются морскими древоточцами в течение прибл. 7 лет (после этого времени кора обычно отпадает).

## Б. Антисептирование.

Наилучший профилактический эффект достигается пропиткой свай маслянистым антисептиком — каменноугольным креозотовым маслом (по методу полного или ограниченного поглощения или же методом горяче-холодных ванн). Срок службы пропитанных креозотом свай достигает 30 и более лет.

Эффективным способом химической защиты является антисептический бандаж: полоски брезента шириною 20 см пропитываются горячим антисептиком следующего состава: асфальт 300 л+гашеная известь 150 л+каменная соль 23 кг+ сера 45 кг+мраморная пыль 11 кг+мелкий сухой песок 0,08 куб. м; этими полосками спиралеобразно (в два слоя) обертываются сваи; затем полоски обвиваются оцинкованной проволокой (с шагом витка 10 см), которая крепится оцинкованными железными скобками; срок службы защищенных таким образом свай достигает 15—20 лет [24].

А. Г. Вольтер [10] на основании многолетних опытов предложил защиту свай медным купоросом по диффузионному способу. Свежесрубленные кедровые, еловые, пихтовые или лиственничные бревна (сваи) с минимальной влажностью заболони 75% покрываются не позднее двух суток после окорки суперобмазкой (пастой) следующего состава: медный купорос 10 вес. частей+вода 4—5 вес. частей (считая 30 кг медного купороса на 1 куб. м свай); антисептированные сваи посыпаются торфомукой (чтобы паста не стекала!), укладываются в штабели, укрываются сверху и с боков горбылями и засыпаются слоем опилок, шлака или земли толщиной припл. 10 см; диффузионный процесс пропитки в штабеле длится 1,5—3 месяца.

В результате дальнейших исследований А. Г. Вольтер [25] предлагает следующие защитные химические мероприятия.

а) Для защиты сырых свай и ряжей — медный купорос или азотнокислый свинец по диффузионному методу (срок службы свай достигает 6—8 лет).

б) Для защиты сухих свай и ряжей — кузбасслак по способу пропитки под давлением на пропиточных заводах (срок службы свай достигает тогда 10 и более лет).

По мнению А. Г. Вольтера, кузбасслак предпочтительнее креозота, т. к. он медленнее вымывается.

Академик А. И. Калниньш (1955 г.) рекомендует применять против морских древооточцев креозотовое масло с добавкой хлоргидрофенарзацина (0,3%) или карбазола (2,3%).

## § 9. Техника безопасности в применении профилактических и истребляющих химикатов (антисептиков и инсектицидов)

Тара и упаковка химикатов должна соответствовать ГОСТ и техническим условиям. На таре или упаковке должны быть обозначены: наименование продукта (химиката), номер ГОСТ или технических условий, вес и наименование завода-изготовителя. Кроме того, к партии продукта должен быть приложен и заводской техникой паспорт, удостоверяющий его качество.

Антисептики и инсектициды должны храниться в закрытых изолированных складах. В этих же складах должны храниться инструменты и оборудование для антисептирования. Склады должны быть обеспечены противопожарным инвентарем.

Приготовление химических составов и их применение должны производиться обученными бригадами под руководством квалифицированного специалиста. При этом рабочие должны быть обеспечены соответствующей спецодеждой и защитными приспособлениями: комбинезонами, резиновыми сапогами, резиновыми перчатками, резиновыми фартуками, защитными очками, респираторами или противогазами.

Курение во время работ не допускается. Перед едой и после работ следует тщательно мыть теплой водой и мылом открытые части тела — руки и лицо и полоскать рот.

Для оказания первой помощи на месте работ должна быть аптечка; кроме того, необходимо установить связь с ближайшим пунктом врачебной помощи.

### Заключение

Как видно из вышеизложенного, основой защиты древесины от древоточцев является комбинированная (конструктивно-химическая) профилактика, обеспечивающая длительную сохранность деревянных конструкций.

Что касается истребительной борьбы, т. е. уничтожения древоточцев, уже развившихся в древесине конструкций, то и эта борьба должна проводиться как комплекс конструктивно-химических мероприятий. Однако, проблема истребительной борьбы еще не может считаться практически окончательно решенной, т. к. возникающие при этом технические трудности не всегда бывают преодолимыми.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Проф. Д-р А. А. Яценко-Хмелевский. Руководство по защите деревянных конструкций зданий от разрушения домовыми грибами и насекомыми. Издательство Академии Наук Армянской ССР. Ереван. 1948.
2. Inž. mežkopis L. Gramanis. Ēku ūsaināis *Hylotrupes bajulus*. LPSR Komunālās saimniecības Tautas Komisariāta izdevums «Ēku koka puves un ēku ūsainā (Hylotrupes bajulus) arkažošana». 1940.
3. Проф. А. В. Шестаков. Вредители древесины. Гослестехиздат. Москва—Ленинград. 1933.
4. Инж. Н. И. Тузов. Разрушители деревянных конструкций — домовые грибы и жуки и меры борьбы с ними. Издательство Наркомхоза РСФСР. Ленинград—Москва. 1941.
5. Г. И. Мирзашвили. Результаты обследования деревянных конструкций в Грузинской ССР. Издание Академии Наук СССР: «Труды Института леса». Том VI. 1950.
6. Г. Е. Осмоловский. Применение токов высокой частоты для борьбы с насекомыми — разрушителями древесины. Издание Академии Наук СССР: «Труды Института леса». Том VI. 1950.
7. Проф. К. Эшерих. Термиты, или белые муравьи. Спб. 1910.
8. Сообщение ТАСС 17 января 1954 г. (газета «Советская Латвия»).
9. Проф. Д-р С. И. Ванин. Развитие консервирования древесины в СССР. Издание Академии Наук СССР: «Труды Института леса». Том VI. 1950.
10. Инж. А. Г. Вольтер. Инструкция по защите деревянного флота и гидротехнических сооружений от морских древоотцов. Владивосток. 1944.
11. S. and. chem. K. Krievs. Kā aizsargāt koku no pušanas. Latvijas Lauks. Centrāl. tehnikas nodaļas izdevums. Rīgā. 1932.
12. М. А. Басов. Жуки — разрушители древесины в зданиях и борьба с ними. Издательство Министерства Коммунального хозяйства РСФСР. Москва—Ленинград. 1949.
13. Fr. Bub-Vodmar u. B. Tilger. Die Konservierung des Holzes in Theorie und Praxis. Berlin. 1922.
14. K. Kreišmanis, techn. zin. kand. Koka būvelementu konstruktīvā aizsardzība pret trupēšanu ēku celtniecībā. Latvijas valsts izdevniecība. Rīgā. 1954.
15. Инструкция по борьбе с гниением и повышению огнестойкости деревянных элементов зданий и сооружений. Утверждена Комитетом по делам архитектуры при Совете Министров СССР и Министерством строительства предприятий тяжелой индустрии СССР 7 февраля 1949 года. Государственное архитектурное издательство. Москва. 1949.
16. Б. В. Княжецкий. Новое в борьбе с жуками-точильщиками. Гослесбумиздат. Москва—Ленинград. 1949.
17. Канд. биол. наук В. Н. Петри и канд. биол. наук А. Л. Дулькин. Разрушители древесины. Свердловское областное государственное издательство. 1950.
18. А. Сильвестров. Антисептические составы для защиты древесины от домовых грибов и жуков-точильщиков. Журнал «Жилищно-коммунальное хозяйство» № 2, 1952.
19. Инж. Н. И. Тузов. Инструкция по борьбе с разрушителями деревянных конструкций в каменных и деревянных строениях (домовыми грибами и жуками). Издательство Наркомхоза РСФСР. Ленинград—Москва. 1939.
20. П. В. Хижинский. Жуки-точильщики и борьба с ними. Гослестехиздат. Ленинград. 1936.

21. Проф. М. Н. Римский-Корсаков. Лесная энтомология. Гослестехиздат, Ленинград, 1938.

22. Prof. Dr. Arv. Kalniņš. Kokmaterialu konservēšana kolchožu celtniecībā. Latvijas valsts izdevniecība. Rīgā, 1950.

23. Канд. тех. наук А. И. Фоломин. Методы увеличения долговечности малоэтажного жилищного строительства. Журнал «Строительная промышленность» — орган Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии СССР. Июнь 1949 г. № 6.

24. П. К. Божич. Защита дерева от морских древоточцев. Издательство «Водный транспорт», Москва, 1939.

25. В. Б. Адрианов и А. Г. Вольтер. Морские древоточцы. Известия Тихоокеанского Н.-И. Института рыбного хозяйства и океанографии. Том. 24. Примиздат, Владивосток, 1947.

*Р. Я. МЕРГИН, доцент*

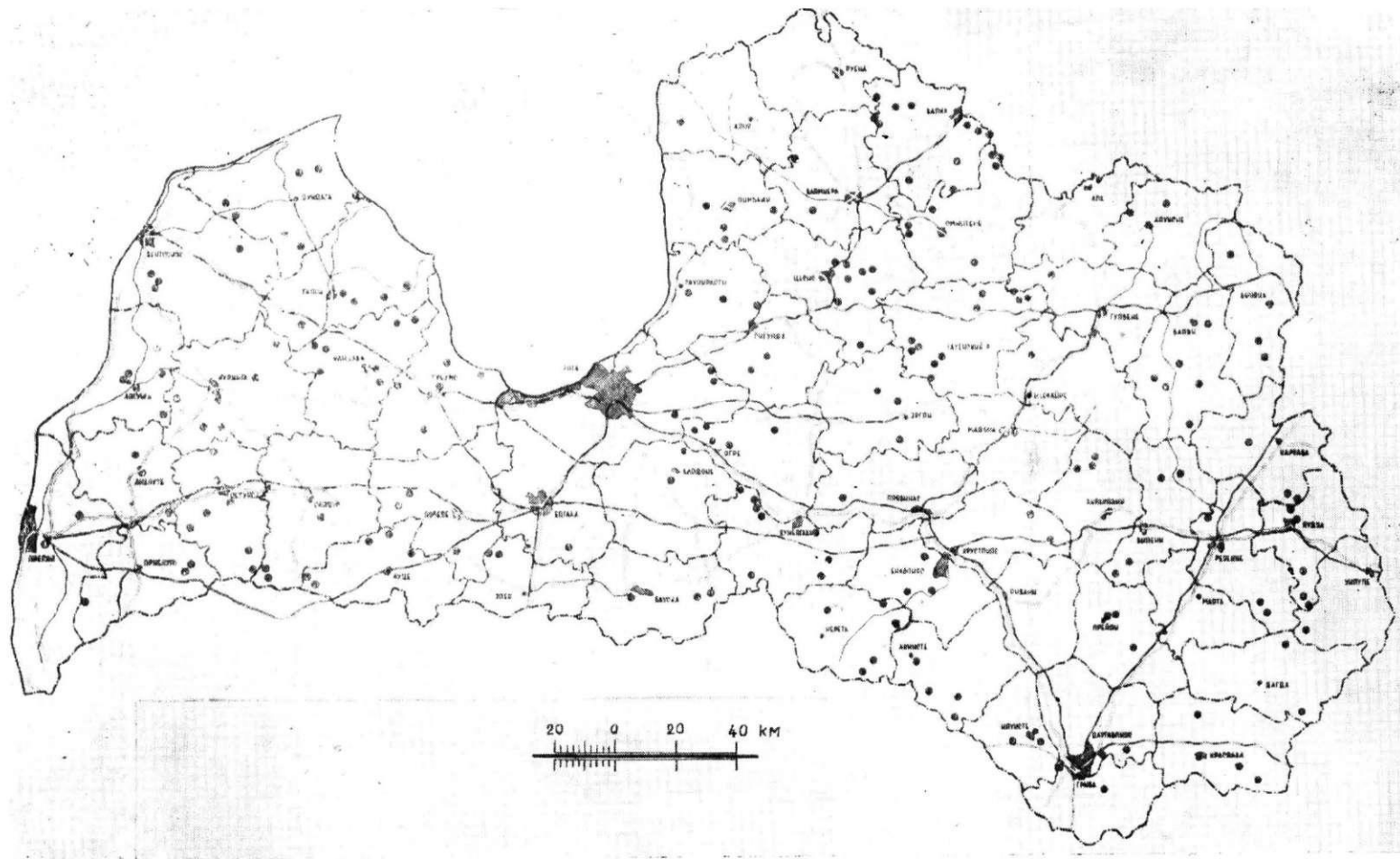
## **КРУПНОПОРИСТЫЙ ГРАВИЙНЫЙ БЕТОН И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛАТВИИ**

### **I. Введение**

XX съезд Коммунистической партии Советского Союза указал на назревшую необходимость усилить внимание партийных и советских организаций к вопросам строительства на селе. Наряду с развертыванием строительства общественных колхозных построек, детских садов, яслей, клубов, бань и т. д., надлежит создавать условия для дальнейшего развертывания организационно-технической помощи колхозникам в строительстве жилых домов и благоустройстве быта.

В целом ряде случаев сельское строительство Латвии, наиболее молодой союзной социалистической республики, в особенности в колхозах, до сих пор проводится без должного организационно-технического руководства, без квалифицированной рабочей силы и почти при полном отсутствии механизации строительных работ. Только создание мощных межколхозных строительных организаций, укомплектованных кадрами и необходимыми средствами механизации строительных работ, широкое применение местных огнестойких материалов, сможет обеспечить возможность строить колхозные здания и сооружения быстрее, качественнее и дешевле и одновременно экономить народному хозяйству тысячи кубических метров древесины.

Основным стеновым материалом уже многие столетия служит обыкновенный глиняный кирпич, который дает возможность возводить долговечные здания и сооружения. Однако, в нашу эпоху комплексной механизации и индустриализации, кирпич по своим технологическим и экономическим показателям не отвечает в полной мере существующим требованиям индустриального строительства.



Фиг. 1.

Помимо обычного кирпича при возведении стен широко используют наиболее эффективные виды стеновых материалов: дырчатый и щелевой кирпич, мелкие керамические камни, силикатный кирпич, камни из мягких горных пород и др.

Настоятельная необходимость снижения стоимости строительства за последние сто лет и в особенности за последние 20—30 лет вызвали к жизни целый ряд предложений так называемых «экономических кладок» облегченных кирпичных стен (системы Герарда, Пономарева, Попова—Орлянкина, Власова и др.), которые до сего дня широкого распространения не получили. Постройка стен из любого кирпича или мелких каменных или бетонных блоков, любой из предложенных выше систем, не индустриальна, чрезвычайно трудоемка и не поддается механизации.

Наряду с наиболее известными стеновыми материалами кирпичем и естественным камнем в сельскохозяйственном строительстве Латвийской ССР имеют применение глинобитные, дерево-бетонные, шлакобетонные и деревянные стены, которые не всегда являются наиболее экономичными, как по условиям трудоемкости, так и по условиям дороговизны транспортирования, а равно не всегда удовлетворяют требованиям огнестойкости, морозостойкости и долговечности.

Успех сельского строительства Латвии и решение стоящих задач надо искать в использовании широко распространенных местных строительных материалов и в первую очередь гравия, удовлетворяющих требованиям возможности максимальной механизации и индустриализации работ по возведению стен зданий, уменьшения трудоемкости работ и как результат снижение стоимости возводимых объектов и ускорение темпов сельского строительства.

## **II. Гравий как исходный материал для стенных конструкций**

Одним из весьма распространенных строительных материалов на территории Латвийской ССР является гравий, до последних дней не получивший должного применения в сельскохозяйственном строительстве.

Наиболее крупные гравийные карьеры по отдельным районам, как видно из приложенной карты (фиг. 1), почти равномерно располагаются по всей территории Латвийской ССР.

Весьма существенным показателем для стеновых материалов является коэффициент теплопроводности, который зависит от разнообразных факторов: пористости, объемного веса, струк-

туры материала, температуры при которой происходит передача тепла, размера пор и др.

В той или иной мере гравий как исходный материал для получения бетона, пригодного для возведения стен и удовлетворяющего условиям теплопроводности, был применен в Советском Союзе в отдельных краях и областях уже несколько лет тому назад.

При участии автора в 1934—1936 годах на территории Дальневосточного края были построены жилые одноэтажные дома из крупнопористого гравийного бетона, с использованием местного речного гравия из пойм горных рек с крупностью зерен 8—25 миллиметров, при толщине стен 60—65 сантиметров, которые при колебании температуры от  $-40^{\circ}$  до  $+40^{\circ}$  никаких отрицательных свойств в период эксплуатации не проявили.

С 1950 года впервые на стройках Сочи-Мацестинского курорта широко применяется крупнопористый гравийный бетон для возведения стен трех-четырёхэтажных зданий, где в качестве заполнителя применяется морской гравий. Жилые и промышленные здания из крупнопористого бетона возводят строители Ташкентской и ряда других областей.

Первые попытки возведения стен из крупнопористого гравийного бетона произведены в гор. Риге (Стройтрестом № 21) в 1955 году, при крупноблочном строительстве двухэтажных жилых зданий.

Инструкция по приготовлению и применению крупнопористого бетона (И—201-51), утвержденная Госстроем СССР 9 мая 1951 года, базируется на опыте строительства в Сочи-Мацестинском районе Краснодарского края, где в качестве заполнителя, как указывалось выше, используется морской гравий, при рекомендованной крупности зерен 10—20 миллиметров.

В условиях Латвийской ССР и смежных с нею республик и областей мы имеем залежи гравия со значительной примесью мелкофракционных частей. Выборочному изучению гранулометрического состава карьерного гравия Латвии мы подвергли эксплуатируемые дорожными организациями Республики гравийные карьеры по разным районам Латвийской ССР.

Из общего количества учтенных свыше 400 наиболее крупных гравийных карьеров, выборочно произведенные анализы гранулометрического состава установили, что подавляющее большинство эксплуатируемых гравийных карьеров содержит мелкий гравий со значительной примесью песка, глины и пылевидных частиц.

Для характеристики приводим полученные нами гранулометрические составы некоторых наиболее мощных карьеров Латвии:

№ п/п.	Наименование карьера	Район	Гранулометрический состав по фракциям в процентах (по весу)					
			более 40 мм	10—40 мм		5—10 мм	2—5 мм	менее 2 мм
				Всего	в том числе 10—20 мм			
1.	Юпчи	Алойский	—	57,2	20,6	8,9	6,5	27,4
2.	Тюлли	"	—	25,9	11,0	20,4	9,1	44,6
3.	Дрипаты	"	23,7	30,6	13,4	13,0	6,6	26,1
4.	Сегрумс	"	0,9	22,1	19,1	23,6	15,5	37,9
5.	Эдолес	Алсунгский	29,7	22,7	11,2	12,5	6,9	28,2
6.	Загоды	Алуксенский	—	29,2	17,4	20,0	6,0	44,8
7.	Гарайс Калнс	Ауцский	10,8	20,1	10,5	11,3	13,9	43,9
8.	Кегумс	Балдонский	19,2	34,4	15,3	14,0	8,2	24,2
9.	Навессала	"	3,5	15,4	11,0	9,2	5,5	66,4
10.	Плитинава	Балвский	25,6	15,9	11,4	15,4	14,8	28,3
11.	Кравали	"	8,4	15,9	7,9	8,1	13,8	53,8
12.	Дирдас	Бауский	44,3	20,0	10,7	8,2	5,1	22,4
13.	Сапа	Валмиерский	2,9	11,5	5,8	6,8	18,2	60,6
14.	Гайлис	"	42,2	22,7	9,2	13,6	3,9	17,4
15.	Сода	"	21,1	13,2	4,2	14,2	8,1	42,8
16.	Озолкалнс	Вентспилеск.	8,4	15,9	7,9	8,1	13,8	53,8
17.	Сиргумс	"	—	5,1	3,0	6,3	10,1	78,5
18.	Райбкрогс	"	2,8	22,7	15,6	24,8	27,6	22,1
19.	Линиюгас	"	11,4	32,2	11,3	17,9	7,8	30,7
20.	Гимбелмни	"	16,3	16,2	6,2	13,6	5,6	48,3
21.	Слободка	Даугавпилсск.	—	46,8	18,6	12,4	10,8	30,0
22.	Клаукас	Добелский	41,9	37,2	13,2	6,7	4,3	9,9
23.	Видалс	Дундагский	17,4	21,1	10,7	16,2	8,2	37,1
24.	Лонас	"	—	29,2	18,1	20,1	22,6	28,1
25.	Фкабилс	Екабпилсский	2,6	14,4	8,3	9,8	11,5	61,7
26.	Руллаукалнс	Елгавский	52,8	18,9	8,4	8,9	5,5	13,9
27.	Эрмики	"	15,7	21,6	11,1	9,9	7,6	45,2
28.	Ренги	Кандавский	—	25,2	18,2	22,2	10,2	42,4
29.	Дзени	"	—	46,8	10,5	21,2	12,7	19,3
30.	Мелнайскалнс	"	22,6	18,2	8,6	13,2	9,5	36,5
31.	Бляши	Карсавский	25,5	12,1	—	22,2	19,2	21,0
32.	Гребиево	"	—	42,4	21,2	13,0	12,3	32,3
33.	Башки	Краславский	32,3	21,5	6,1	4,5	6,3	35,4
34.	Дреймани	Крустпилеск.	—	30,4	17,8	24,2	23,5	21,9
35.	Крампи	Кулдигский	35,0	34,7	2,7	15,7	7,3	7,3
36.	Цукениеки	Лиепайский	—	41,3	20,1	22,4	8,4	27,9
37.	Аншкини	"	—	41,4	11,3	16,9	10,9	30,8
38.	Саулиши	Лимбажский	12,5	26,3	13,5	12,2	12,6	36,4
39.	Лимбажи	"	12,3	20,8	6,1	12,7	9,0	45,2
40.	Кальпи	Мадонский	—	39,4	17,0	22,1	10,4	28,1
41.	Саулескалнс	"	—	40,7	10,6	16,6	13,8	28,9
42.	Алпи	"	18,0	18,6	7,4	13,7	17,2	32,5
43.	Светини	Неретский	11,4	22,8	11,2	9,7	13,1	43,0
44.	Радини	"	15,5	22,9	12,3	11,6	10,7	39,3
45.	Дишлери	"	16,4	17,5	9,2	8,5	11,0	46,6
46.	Бинаты	"	2,2	26,2	14,9	13,5	8,9	49,2
47.	Яункалснава	Плявиньский	25,0	24,2	8,0	9,6	10,2	31,0

№ п/п.	Наименование карьера	Район	Гранулометрический состав по фракциям в процентах (по весу)					
			более 40 мм	10—40 мм		5—10 мм	2—5 мм	менее 2 мм
				Всего	в том числе 10—20 мм			
48.	Башки	Прейльский	11,4	23,8	12,8	17,8	14,1	32,9
49.	Грамзdas— Приедайне	Приекульский	—	20,3	11,4	35,6	16,0	28,1
50.	Субинайта	Резекненский	11,7	41,4	5,2	11,8	8,2	26,9
51.	Тевеняны	"	17,5	34,0	15,0	8,5	10,4	29,6
52.	Лапукалнс	Руенский	43,1	10,0	2,4	9,1	9,7	28,1
53.	Теймас	"	36,8	30,6	18,4	3,4	3,4	25,8
54.	Кувиши	Талсинский	24,2	16,5	14,1	18,2	9,5	31,6
55.	Венцели	"	—	20,2	5,2	10,3	6,8	62,7
56.	Тукумс	Тукумский	—	10,1	1,7	9,5	16,0	64,4
57.	Мацитайс	"	24,1	28,9	6,7	11,8	11,4	23,8
58.	Юлиши	Салдусский	18,0	24,9	14,6	16,6	7,2	33,3
59.	Зиемели	Сигулдский	14,1	30,7	14,3	19,4	11,2	24,6
60.	Мурмуйжа	Элейский	23,7	13,2	10,0	18,1	18,2	26,8
61.	Яунамуйжа	Эргльский	15,2	39,7	7,9	14,7	5,6	24,8
62.	Авенес	Яуньелгавск.	8,1	37,9	18,9	19,3	6,3	28,4
63.	Балжени	Цесисский	—	16,7	12,5	27,8	23,6	31,9
64.	Кунги	"	—	39,5	6,5	16,0	4,0	40,5
65.	Витоли	"	22,0	20,4	9,9	6,6	2,9	48,1
66.	Гривини	"	—	9,5	9,5	17,2	11,8	61,5

Гравий на территории Латвии, а равно в смежных с нею областях и республиках, расположен в ледниковых отложениях четвертичного периода и как видно из приведенной таблицы содержание мелких фракций (менее 2 миллиметров), колеблется в пределах от 7 до 66,4% по весу, поэтому применение карьерного гравия для приготовления крупнопористого гравийного бетона без сортировки невозможно.

Для решения ряда вопросов связанных с использованием местного гравия в сельском строительстве Латвии, а равно в ряде других республик и областей на территории которых имеются залежи гравия в ледниковых отложениях, нами были проведены лабораторные исследования физико-механических свойств крупнопористого гравийного бетона, как одного из стеновых материалов в сельскохозяйственном строительстве.

### III. Объемный вес и пустотность гравия

Как известно теплотехнические свойства материалов в значительной степени зависят от пористости. Поэтому при решении вопроса о составе бетона мы должны учитывать пустотность гравия как заполнителя.



При одинаковых размерах и форме зерен гравия и правильном их расположении пустотность не зависит от величины зерен и может достигать 45 %.

На этом основании в дальнейших наших исследованиях мы в качестве заполнителя вводим однофракционный гравий, как дающий наибольшую пустотность, а значит в дальнейшем при приготовлении бетона будем иметь наибольшую пористость бетона.

В основу наших исследований мы приняли следующую разбивку на фракции:

№ п/п.	Наименование фракций	Размеры зерен гравия в мм	Коэффициент пустотности в %	Средний объемный вес гравия т/м <sup>3</sup>
1.	Мелкие гравийные фракции . . . . .	от 2 до 5	44,5	1,51
2.	Средние гравийные фракции . . . . .	от 5 до 10	43,5	1,53
3.	Крупные гравийные фракции . . . . .	от 10 до 40	43,0	1,55
4.	Смешанные гравийные фракции . . . . .	от 2 до 40	38,4	1,67

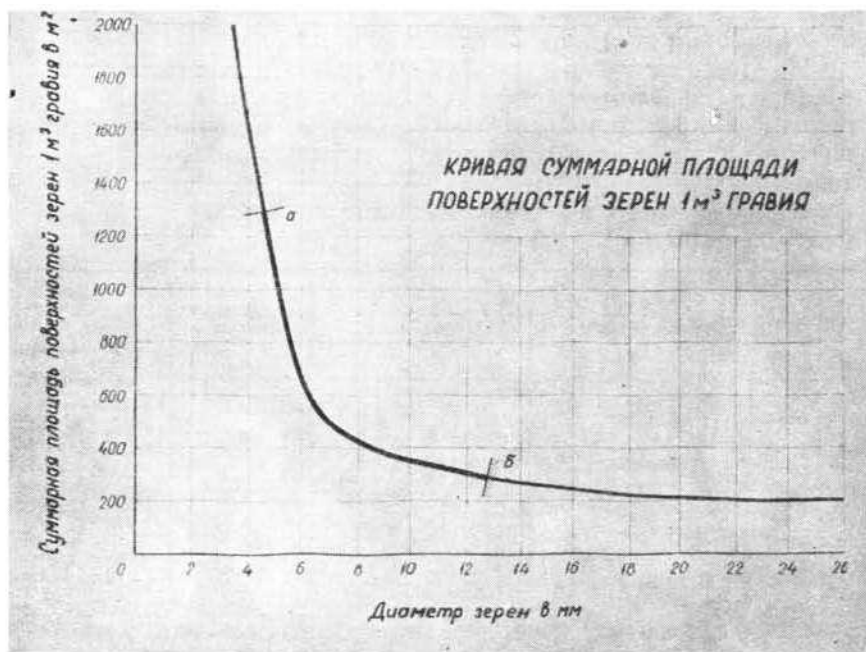
При всех наших экспериментах мы пользовались в основном гравием Тукумского карьера. Исследования показали, что сортировка гравия по отдельным фракциям дает возможность понижать объемный вес гравия и значительно повысить по объему выход делового гравия, не только за счет использования мелкофракционного гравия, но и за счет сортировки гравия на отдельные фракции.

Применяя указанные принципы выход делового гравия можно повысить на 15—25 %, из коих за счет сортировки на отдельные фракции падает 6—10 %.

Из изложенного вполне очевидно, что сортировка гравия на отдельные фракции с технико-экономической стороны вполне оправдывается увеличением коэффициента выхода делового гравия, увеличением коэффициента пустотности и уменьшением объемного веса.

#### IV. Прочность крупнозернистого гравийного бетона

Для изучения вопроса прочности крупнопористого гравийного бетона, было испытано свыше 300 кубиков образцов бетона при самых разнообразных смесях гравия заполнителя, количества цемента и водоцементного отношения. Эти исследо-

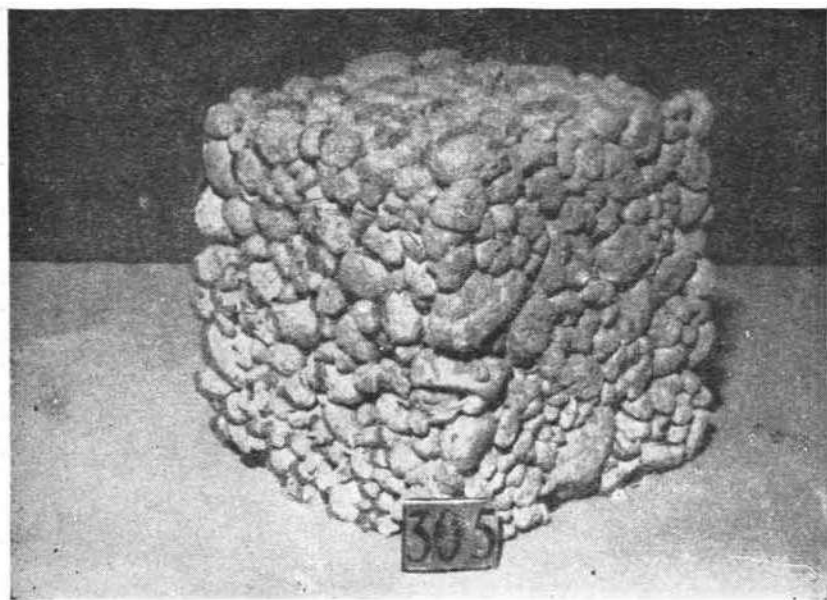


Фиг. 2.

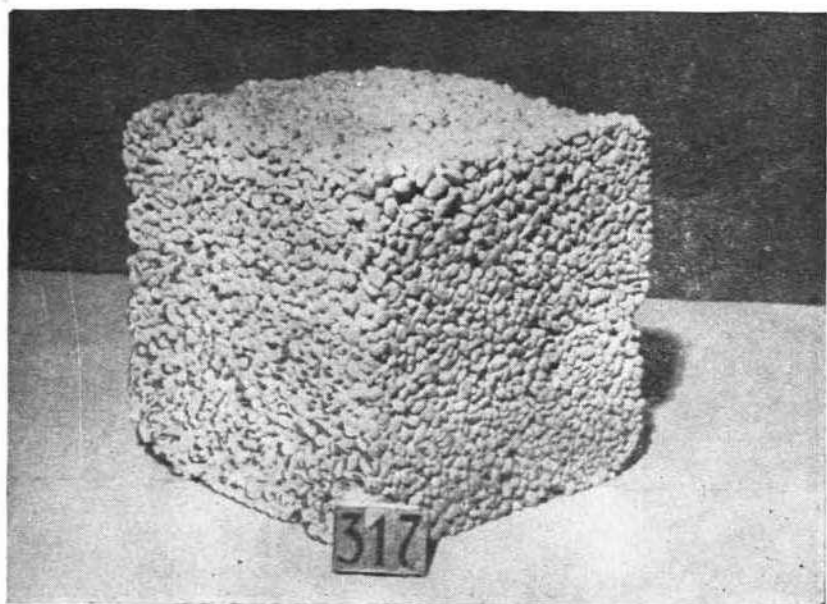
вания дали возможность прийти к выводам: наибольшую прочность, при одних и тех же прочих условиях, показывает бетон состоящий из гравия с суммарной площадью поверхностей зерен гравия в пределах 250—1300 квадратных метров на 1 кубический метр гравия. График зависимости между крупностью зерен гравия и суммарной площадью поверхностей зерен показан на фиг. 2.

Чрезвычайно важное значение имеет толщина смазки цементным тестом поверхности зерен гравия и количество точек соприкосновения зерен гравия между собой.

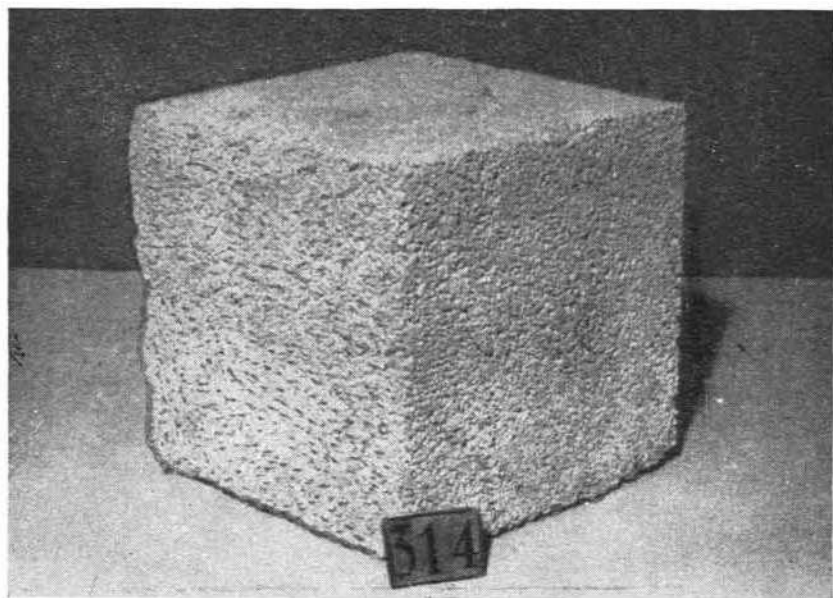
Водоцементное отношение для крупнопористого бетона колеблется в пределах 0,25—0,90 и находится в большой зависимости от влажности гравия и суммарной площади смачиваемых поверхностей зерен гравия, поэтому к количеству воды дополнительно вводимой в смесь с гравием необходимо подходить с большой осторожностью. При недостаточном количестве воды нельзя обеспечить полное обволакивание зерен гравия цементным тестом, а при избытке воды хотя поверхность зерен гравия



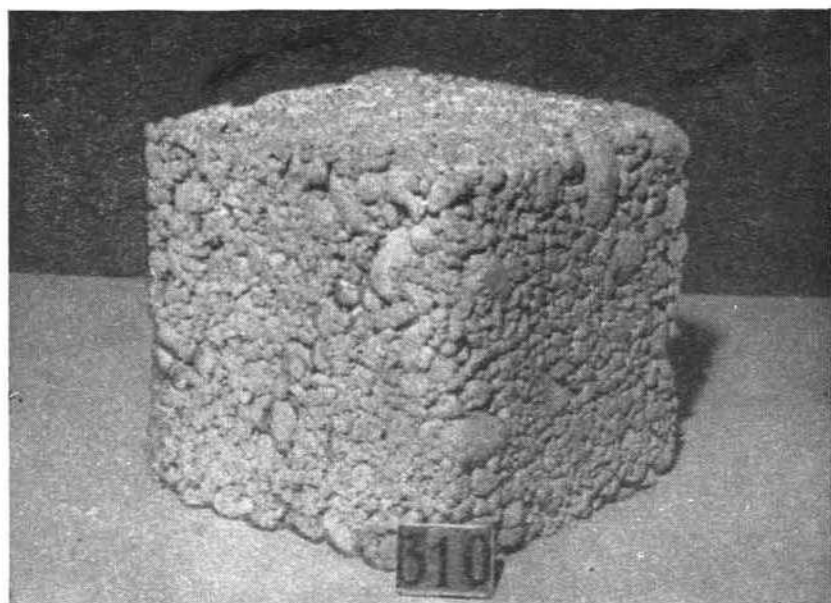
Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

и обволакивается цементным тестом, но последнее обладает способностью стекания.

Это обстоятельство является решающим для получения качественного крупнопористого гравийного бетона.

Структура крупнопористого гравийного бетона видна по фотографиям: бетон из крупнофракционного гравия (10—40 мм) на фиг. 3, бетона из среднефракционного гравия (5—10 мм) на фиг. 4., бетона из мелкофракционного гравия (2—5 мм) на фиг. 5, и бетона из смешанного гравия (2—40 мм) на фиг. 6.

Хороший подбор водоцементного отношения для бетона, в условиях строительной площадки, можно получать при известном навыке на глаз, а именно добиваться полного обволакивания зерен гравия сметанообразным цементным тестом.

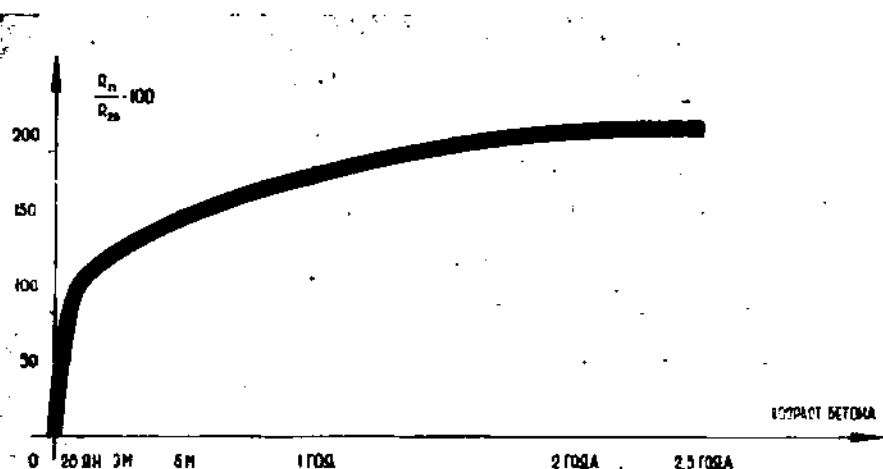
Проверку отсутствия стекания цементного теста в бетоне можно производить пятикратным сбрасыванием с высоты 30 сантиметров формы  $20 \times 20 \times 20$  см заполненной бетоном, если на днище формы по всей площади наблюдается скопление цементного теста — значит имеем дело с избытком воды и как следствие слабая удерживающая способность цементного теста. Частичное заполнение днища формы в пределах не более половины всей площади последнего будет вполне приемлема для подтверждения качества бетона и правильности принятого водоцементного отношения.

Нарастание прочности крупнопористого гравийного бетона с увеличением возраста имеет весьма существенное значение не только теоретическое но и практическое. Для решения этого вопроса нами были проведены опыты по наблюдению за изменением прочности крупнопористого гравийного бетона до возраста двух с половиной лет. Результаты этих наблюдений приведены на фиг. 7.

Из приведенного графика нарастания прочности бетона мы видим, что нарастание прочности крупнопористого гравийного бетона по времени, примерно, следует тому же закону как и для обычного бетона.

Расход цемента марки «300» и выше для приготовления крупнопористого бетона из местного мелкого гравия, рассортированного по указанным выше трем фракциям, не превышает норм применявшихся на Сочи-Мацестинских стройках и положенных в основу инструкции по приготовлению крупнопористого бетона (И—201-51), утвержденной Госстроем 9 мая 1951 года.

Бетон из крупных фракций гравия от 10 до 60 мм может быть успешно использован для возведения фундаментов в сухих грунтах.



Фиг. 7.

#### V. Морозостойкость крупнопористого гравийного бетона

Для исследования вопроса морозостойкости крупнопористого гравийного бетона нами были приняты к испытанию кубики бетона размером  $20 \times 20 \times 20$  см с разной крупностью заполнителя, а именно:

- |                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| а) мелкофракционный заполнитель  | 2—5 мм   |
| б) среднефракционный заполнитель | 5—10 мм  |
| в) крупнофракционный заполнитель | 10—20 мм |
| г) смешанный заполнитель         | 2—40 мм  |

Процесс насыщения водой, замораживания и оттаивания производился в соответствии с требованиями предъявляемыми к обыкновенному кирпичу (ГОСТ 530-41).

Все образцы выдержали 15 циклов замораживания и оттаивания, без каких-либо признаков разрушения, а равно потери прочности. Минус температура в холодильной камере доводилась до  $25-27^\circ$ .

Одновременно с исследованием морозостойкости было установлено, что крупнопористый гравийный бетон обладает малой водопоглощаемостью 1—2% по весу и малой капиллярной диффузией (подсосом воды в материале), особо хорошие результаты показывает бетон с крупнофракционным заполнителем.

Отдельные образцы крупнопористого гравийного бетона в течение двух с половиной лет хранились под открытым небом

на пологой кровле лабораторного помещения, где образцы находились в зимнее время в снегу, в постоянно увлажненном состоянии, оттаивания днем и замораживания ночью. Несмотря на такое длительное жесткое испытание, указанные образцы никаких признаков разрушения также не показали и после испытания прочности на сжатие под прессом, при возрасте бетона два с половиной года показали удвоенную прочность по сравнению с первоначальной прочностью бетона в 30-дневном возрасте.

## VI. Теплопроводность крупнопористого гравийного бетона

Пористость крупнопористого гравийного бетона как указывалось выше колеблется в пределах 35—45%, по своей структуре поры в большинстве своем замкнутые, чем снижается перенос тепла конвекцией. Влажность материала играет большую роль в ухудшении теплотехнических свойств последнего. Но как мы видели из выводов выше крупнопористый гравийный бетон не является влагоемким материалом и максимальная влажность не превышает 3—4% по весу.

В целях исследования теплотехнических свойств крупнопористого гравийного бетона нами были проведены серии экспериментов, которые подтвердили наше первоначальное предположение, что для улучшения теплотехнических свойств стен, возводимых из крупнопористого гравийного бетона, вполне целесообразно гравий как заполнитель бетона сортировать на фракции по крупности зерен: а) 2—5 мм, б) 5—10 мм, и в) 10—40 мм и из этих отдельных фракций готовить бетон для стен. Применение гальки размером свыше 40 мм нежелательно.

Большая пористость и сравнительно малое водопоглощение крупнопористого гравийного бетона из однофракционного гравия значительно улучшает теплотехнические свойства этого вида бетона.

По данным наших исследований коэффициенты теплопроводности крупнопористого гравийного бетона даже при максимальной влажности не превышает 0,65—0,70, то есть по теплотехническим свойствам крупнопористый гравийный бетон не уступает обычной кирпичной кладке. Только при заполнителе со смешанным гравием (2—40 мм) бетон с максимальной влажностью имеет коэффициент теплопроводности достигающий 0,73.

Основные данные исследования крупнопористого гравийного бетона низких марок из гравия карьеров Тукумского района даны в следующей таблице:

№ п/п.	Фракции гравия заполнителя	Объемный вес бетона т/м <sup>3</sup>	Максимальный коэффициент теплопроводности	Состав бетона по объему
			к. кал м. час. град.	
1.	2—5 мм	1,66	0,66	} $\frac{\text{цемент}}{\text{гравий}} = 1 : 20$ марка цемента 370 кг/см <sup>2</sup>
2.	5—10 мм	1,65	0,65	
3.	10—20 мм	1,61	0,61	
4.	10—40 мм	1,75	0,68	
5.	2—40 мм	1,80	0,73	

Для более длительной проверки теплотехнических свойств крупнопористого гравийного бетона в окно холодильной камеры (фиг. 8), была установлена стенка размером 150×130 см толщиной 48 см, изготовленная из крупнопористого гравийного бетона состава 1 : 20 по объему с применением смешанного гравия с фракциями 2—40 мм и двухсторонней известковой штукатуркой, слоем по одному сантиметру с каждой стороны, таким образом общая толщина стенки равнялась 50 сантиметрам, при влажности стенки 3%.

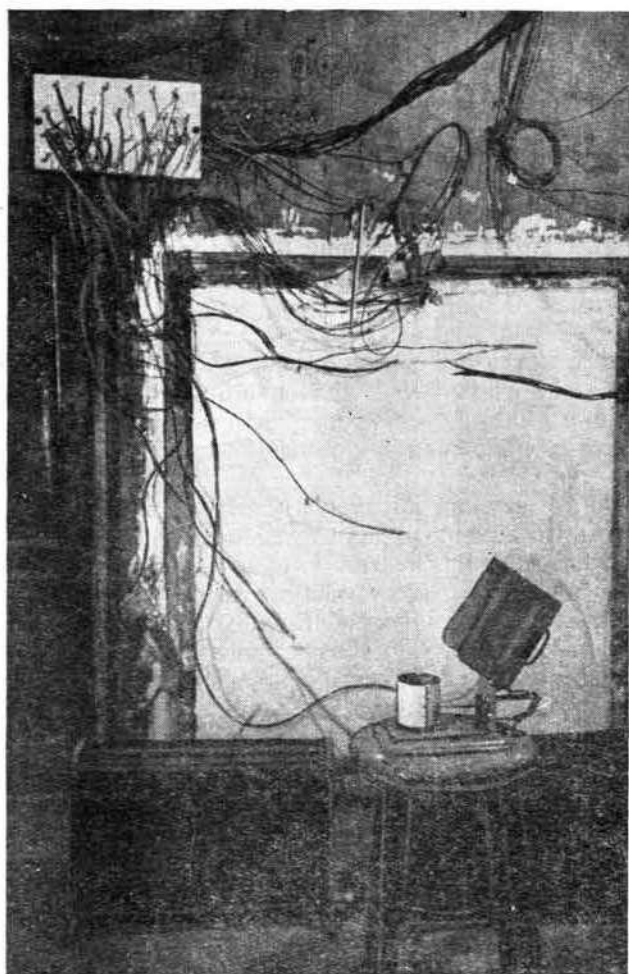
Поддерживая в холодильной камере минус температуру 25—27°, а с другой стороны стенки плюс температуру 15—17° непрерывно в течение 7—8 суток, никакого потения стенки не наблюдалось. Аналогичные испытания проводились периодически в три приема. Это обстоятельство показывает, что наиболее худший вариант примененного крупнопористого гравийного бетона (из смешанного гравия) дает вполне хорошие результаты, не говоря о бетоне из однофракционного гравия.

### VII. Экономический эффект от внедрения крупнопористого гравийного бетона в сельское строительство

Крупнопористый гравийный бетон наряду со своими положительными физико-механическими и другими техническими свойствами обладает большими экономическими преимуществами. Для сравнения мы берем стены возведенные из обычной кирпичной кладки.

В условиях Латвийской ССР производство обычного строительного кирпича в промышленных условиях может обеспечить





Фиг. 8.

только городское строительство. Создание же кустарных колхозных и межколхозных кирпичных заводов приведет к значительному удорожанию кирпича по сравнению с усовершенствованными и оборудованными современной техникой заводами кирпичной промышленности.

Ввиду значительного веса перевозка кирпича на большие расстояния чрезвычайно удорожает строительство. Возведение стен из обычного кирпича требует высококвалифицированных

каменщиков, в то же время возведение монолитных стен из крупнопористого гравийного бетона значительно сокращает общую потребность рабочей силы, совершенно не требует высококвалифицированной рабочей силы, работы по бетонированию в значительной мере можно механизировать.

Для сравнения стоимости работ мы исходили из условно взятых средне-местных условий по дальности возки основного материала: кирпича — 40 километров и гравия — 10 километров. Исходя из этих условий произведено сравнение осредненной стоимости единицы работ по возведению стен сельскохозяйственных зданий из кирпичной кладки и крупнопористого гравийного бетона, при чем оказалось, что возведение одного квадратного метра стены из монолитного крупнопористого гравийного бетона в подвижной щитовой опалубке при расходе цемента марки «400» 70—90 кг на 1 куб. метр бетона в 2,5—3 раза дешевле стены обычной кирпичной кладки, при одинаковой толщине стен.

Для приготовления крупнопористого гравийного бетона можно применять цемент марок от «200» и выше, лучшие результаты имеются при применении марки цемента «300» и выше.

Расход цемента марки «300» и выше для приготовления крупнопористого гравийного бетона из местного мелкого гравия, рассортированного по указанным выше фракциям, не превышает норм расхода цемента, применявшихся на Сочи-Мацестинских стройках, то есть в среднем для бетона пригодного для возведения стен одноэтажных зданий 70—90 килограмм на 1 кубический метр бетона, или 35—45 килограмм на 1 квадратный метр стены толщиной 50 сантиметров, соответствующей по своим теплотехническим свойствам кирпичной стене толщиной в два кирпича. Что же касается строительства двухэтажных зданий и выше, то расход цемента соответственно проектной марке бетона должен быть повышен. Возведение стен из крупнопористого гравийного бетона требуют значительно меньшей затраты рабочей силы, работы могут быть в максимальной мере механизированы, допускает выполнение этих работ как по принципу монолитного бетона так и сборных блоков.

Все выявленные в нашей работе положительные свойства крупнопористого гравийного бетона и сравнение осредненной стоимости единицы работ дают основание утверждать, что при использовании крупнопористого гравийного бетона для возведения стен сельскохозяйственных зданий взамен обыкновенных кирпичных, дает снижение стоимости стен в пределах 40—60%, что составляет примерно 20—35% снижения от общей стоимости здания.

Целесообразно при возведении стен из крупнопористого гравийного бетона устраивать овальные или щелевидные пустоты, которые дают возможность дальнейшего уменьшения веса одного квадратного метра стены, снижения расхода материалов стоимости работ по возведению стен с одновременным улучшением теплотехнических свойства стены.

### Выводы

1. Внедрение сортированного по фракциям гравия: а) 2—5 мм, б) 5—10 мм и в) 10—40 мм, как заполнителя крупнопористого гравийного бетона, экономически целесообразно. В результате повышается коэффициент выхода делового гравия при разработке карьеров на 15—25%.

2. Крупнопористый гравийный бетон с однофракционным заполнителем гравия указанным в предыдущем пункте, обладает хорошими физико-механическими свойствами; прочностью, теплопроводностью, морозостойкостью и малой влагоемкостью, не уступающими аналогичным свойствам обычной кирпичной кладки.

3. Крупнопористый гравийный бетон можно применять для возведения стен производственных, хозяйственных, культурно-бытовых и жилых зданий в сельском строительстве. Марка бетона в одноэтажных зданиях устанавливается расчетом и может колебаться в пределах 10—15 кг/см<sup>2</sup> с расходом цемента марки «300» и выше на 1 куб. метр бетона 70—90 кг.

4. Крупнопористый гравийный бетон с заполнителем из крупнофракционного гравия, как обладающий малым водонасыщением и малой капиллярной диффузией (подсосом), целесообразно укладывать в нижнюю часть стен, бетон же с заполнителем из мелкофракционного гравия укладывать в верхнюю часть стен. Бетон с заполнителем из крупнофракционного гравия рекомендуется применять для возведения фундамента в сухих грунтах.

5. Замена обычных кирпичных стен, стенами возведенными из крупнопористого гравийного бетона значительно уменьшает потребность рабочей силы, на 20—35% снижает общую стоимость строительства здания и допускает максимальную механизацию работ по возведению стен и фундаментов.

6. Упрочнение крупнопористого гравийного бетона во времени нарастает и к двухлетнему возрасту удваивается.

7. Возведение стен сельскохозяйственных зданий надлежит производить механизированным способом, с применением бетономешалок и монтажных кранов, в подвижной щитовой опалуб-

ке с толщиной стен 50 сантиметров и устройством в последних вертикально расположенных пустот, образованных при помощи вставных, разборных конических деревянных вкладышей или вставкой бумажных пакетов с сухими опилками или торфом. Укладку бетона в опалубку производить без уплотнения, ограничиваясь только легким штыкованием. Общий объем пустот можно допускать до 20—25%.

При производстве работ соблюдать требования инструкции Госстроя И—201-51 по приготовлению и применению крупнопористого бетона.

Стены зданий, возведенных из крупнопористого гравийного бетона, должны быть обеспечены двухсторонней штукатуркой толщиной не более 5—10 миллиметров, для стен производственных и хозяйственных зданий вместо штукатурки можно ограничиться наметом штукатурного раствора и затиркой.

Не исключается возможность изготовления стеновых блоков из крупнопористого гравийного бетона с последующей укладкой в стены.

8. Широкое внедрение крупнопористого гравийного бетона в сельское строительство Латвии и в смежных с нею республиках и областях, будет способствовать успешному решению задач по сельскохозяйственному строительству, вытекающих из величественной программы КПСС по подъему сельского хозяйства, удешевлению стоимости строительства и увеличению темпов этого строительства.

*П. Ю. БЕРЗКАЛН, доцент, кандидат архитектуры*

## РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ ТИПОВ МАЛОГО ДОМА ГОРОДОВ ЛАТВИЙСКОЙ ССР ОТ XVII ДО СЕРЕДИНЫ XX ВВ.<sup>1)</sup>

Жилая застройка поселков, малых городов и периферийных районов больших городов Латвийской ССР состоит преимущественно из малоэтажных домов усадебного типа с небольшим числом (1—4) малых квартир без производственных помещений. Эти т. н. малые дома имеют в основном потребительский характер и в периоды феодализма и капитализма строились и заселялись трудовым населением городов. Своей планировкой и архитектурными формами эти дома существенно отличаются от многоквартирных городских доходных домов и богатых особняков бывших эксплуататорских классов. Малые дома обычно строились мастерами без участия архитекторов, чем объясняется малый интерес к этому виду жилой застройки со стороны архитектурной науки. По городскому малому дому Латвийской ССР и соседних республик до сих пор еще нет систематических исследований.

Строительство городских малых домов имеет весьма древнюю историю, но конкретные исторические данные по этим типам жилых зданий в Латвийской ССР имеются только начиная с XVII в. В историческом процессе своего формирования Латвийская ССР сложилась из нескольких областей, которые и поныне имеют еще свои специфические черты, заметные также и в типах малого дома. Северная часть Латвийской ССР — Видземе до 1917 г. входила в состав Лифляндской губернии, восточная часть — Латгале была до этого времени частью Витебской губернии, а западная часть — Курземе и южная — Земгале составляли Курляндскую губернию Российской империи. Эти административные деления явились результатом постепенного присоединения к России отдельных областей, засе-

---

<sup>1)</sup> Первая глава докторской диссертации на тему «Архитектура малого дома городов Латвийской ССР» (в сокращенном виде).

ленных латышами. Видземе была присоединена в 1721 г. по Ништадскому договору со Швецией, Латгале — в 1772 г., после первого раздела Польши, и Курземе с Земгале — в 1795 г. с присоединением к России Курляндского герцогства. Период политической стабилизации в Прибалтике начался только в XVIII веке. Начало XVIII, весь XVII и вторая половина XVI вв. были периодом войн и связанных с ними опустошений городов и сельских населенных мест. В этих войнах подверглись разрушениям, пожарам и грабежам все древние города Латвии, несколько уцелела только укрепленная часть Риги. Но эта часть города-крепости впоследствии сильно перестраивалась и образцы старых малых домов в натуре не сохранились. Об этом виде городской застройки нет еще и археологических исследований.

Единственными конкретными материалами по древней застройке городов Латвии являются некоторые гравюры. Общий вид Риги со стороны реки Даугавы имеется уже в космографии Мионстера, изданной в Базеле в 1550 г. Несколько подобных изображений сохранилось с XVII века. Эти гравюры однако дают только приблизительное представление об образе города и о его главнейших общественных зданиях, жилая застройка в них показана весьма схематично. По жилищной застройке городов Латвии поэтому еще нет конкретных данных для периодов раннего и развитого феодализма. Первые более достоверные сведения относятся только к XVII веку, к началу периода позднего феодализма.

Большая степень детализации и точности присуща двум графическим изображениям городской застройки Латвии в XVII веке: гравюре Н. Моллина с общим видом Риги в 1612 г.<sup>1)</sup> и плану Т. Краузе для города Елгавы в 1652 г.<sup>2)</sup> Правдоподобным является и живописный эскиз И. Шторна для Алуksне (Мариенбурга) из путешествия барона Мейерберга в 1661 г.<sup>3)</sup>. Но Алуksне в это время мало походило на город, а скорее напоминало сельское населенное место.

Уникум гравюры Н. Моллина хранится в Рижском (Домском) Государственном Историческом музее. На рис. № 1 показана деталь верхнего правого угла этой гравюры с небольшими строениями вдоль городских укреплений<sup>4)</sup>. На первом плане этого рисунка видны небольшие здания с мастерскими или торговыми помещениями, а на двух огороженных участках с садиками показаны жилые здания. На рис. № 2 дана несколько увеличенная деталь копии плана Т. Краузе для западной части города Елгавы<sup>5)</sup>. Гравюра Н. Моллина показывает застройку как центральной укрепленной части Риги, так и застройку непосредственно к городу прилегающих территорий на правом и

на левом берегах реки Даугавы. В центральной части Риги в начале XVII века доминирует сравнительно плотная застройка высотой в 2 этажа с использованием еще мансард высоких крыш под склады. Дома расположены торцом к улице и увенчаны характерными для того времени уступчатыми щипцами. Дома эти принадлежали рижским купцам и ремесленникам. По литературным данным конца XVIII в. в первом этаже на улицу выходило торговое помещение или мастерская, в глу-



Рис. 1.

бине которых находился очаг, немногие жилые помещения были расположены вдоль двора или на втором этаже<sup>6)</sup>. Жилищные условия более зажиточных слоев городского населения Риги еще в начале XVIII в. были весьма скромными. В 1728 г. в жилом доме рижских бюргеров в среднем было только 1,5 комнаты и 2,1 коморы, менее зажиточные слои населения довольствовались одной комнатой и, в лучшем случае, комнатой с коморой<sup>7)</sup>. Дома центральной части Риги имели кирпичные стены, черепичные крыши, отопительные устройства с дымовой трубой и небольшие застекленные окна.

Жилые дома города Елгавы в XVII в. в основном принадлежали к тому же типу, они тоже выходили торцом на улицу,

имели, по всей вероятности, аналогичную планировку, но они одноэтажные и деревянные<sup>8)</sup>). На плане Т. Краузе показана лишь застройка вдоль улиц, литературные данные указывают, что кроме жилых домов там были и надворные постройки. Типичное жилище в Елгаве в этот период состояло из кухни, комнаты и коморы.

Одноэтажные малые дома имеются и в пригородах Риги, которые изображены на правом и на левом верхнем углу гра-

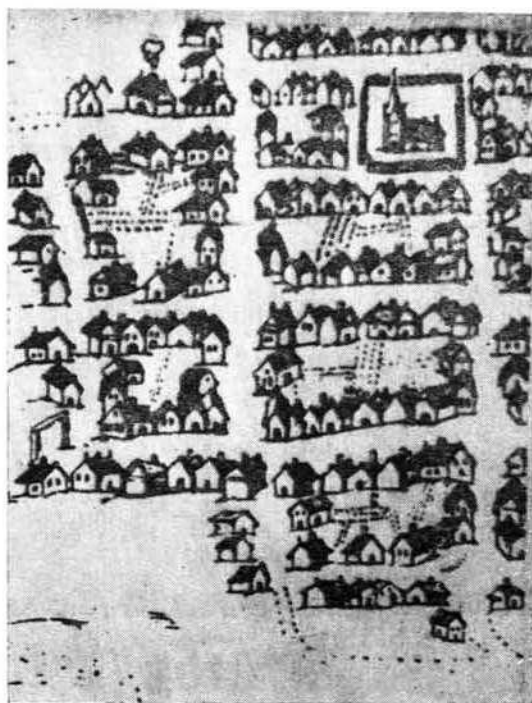


Рис. 2.

вюры Н. Моллина. В пригородных поселках Риги на левом берегу реки Даугавы (на первом плане гравюры) застройка более разнообразна. Там показана мельница, корчмы, отдельные группы более крупных домов, но между ними видны и малые дома беднейшей части городского населения — рыбаков, грузчиков, лодочников и др. Эти малые дома того же типа, что на правом берегу Даугавы, только они отличаются своим материалом и оборудованием. Они рубленые, покрыты тесом или щепой, имеют небольшие окна и не имеют дымовых труб.





дома пригородов не имеют дымовых труб. Обычно каждый дом имеет свой придомный участок, но беднейшая часть населения живет в т. н. слободах, которые образовались на окраинах пригородов в виде хаотичной застройки, без разбивки улиц и придомных участков.

Деталь геодезического плана с такой слободой рабочего населения города показана на рис. № 4<sup>11)</sup>. Подобные же типы домов видны на деталях геодезического плана острова Кипсала в Риге — рис. № 5<sup>12)</sup>. На последнем примере каждый дом имеет свой придомный участок.



Рис. 4.

Кроме выше описанного типа малого дома на геодезических планах пригородов Риги встречаются и дома несколько больших размеров, имеющие на боковом фасаде рядом с дверью два окна. Также сравнительно редко там показаны дома с симметрично решенным боковым фасадом, где дверь устроена посередине, а окна расположены с обеих сторон дверей. Некоторые дома такого симметричного типа имеют и дымовые трубы.

Относительно планировки этих малых городских домов конца XVII и начала XVIII вв. пока еще не имеется непосредственных данных. Но в XVII в. подобные же малые дома строятся в сельских местностях, и они довольно подробно охарактеризованы в инвентарных описях имений. Внешний образ малых домов на геодезических планах Риги вполне совпадает с описаниями малых домов в сельских местностях. Также и статистические данные о жилище рабочего населения в Риге в на-

чале XVIII в. в составе или одной комнаты, или одной комнаты и коморы подтверждают аналогичную планировку. Наконец, в конце XVIII в. имеются уже вполне достоверные данные, подтверждающие общность типов малых домов в городах и сельских местностях. Все это дает основание предполагать, что и в конце XVII и в начале XVIII вв. планировка и устройство малых домов пригородов Риги не отличались от подобных же домов в сельских местностях.

Исходя из этих предпосылок, следует думать, что показанный на геодезических планах малый дом с дверным и одним оконным проемом на боковом фасаде состоял из кухни-передней и из комнаты. В более крупных домах за комнатой было

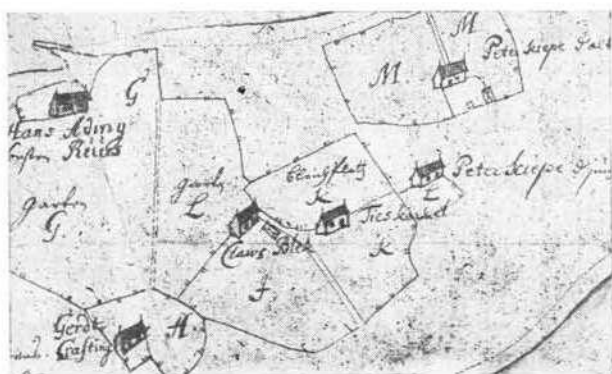


Рис. 5.

еще второе жилое помещение — комора. В кухне-передней имелся открытый очаг, над которым было устроено перекрытие или деревянный, обмазанный глиной колпак, т. н. ровис (немецк. — рофф) для предохранения деревянной или соломенной кровли от искр. Кухня-передняя была без потолка и имела глинобитный пол. Перекрытие с дощатым потолком было устроено только над комнатой, которая обычно имела и дощатый пол. В комнате рядом с кухней-передней находилась кирпичная или кафельная печь, которая отапливалась из кухни-передней. Небольшие окна комнаты были застеклены мелкими стеклами в свинцовой оправе. За комнатой устроенная комора не имела отопительных устройств и использовалась частично как спальня, частично — как кладовая. В более крупных домах со входом посередине бокового фасада по другую сторону кухни-передней находилось или жилое помещение или мастерская.

Относительно причин, вызвавших изменения в характере застройки пригородных районов Риги с появлением нового типа малого дома с боковым входом, пока возможны только предположения. Развитие новых типов малых домов могло быть связано с переселением в города сельского населения, что наблюдалось в этот период войн и опустошения сельских местностей. Эти новые слои городского населения не имели права заниматься торговлей и не нуждались в торговых помещениях со входом с улицы. Застройка пригородов не была стеснена и узкими строительными участками старой укрепленной части города. В пригородах были благоприятные условия для развития сельских типов малого жилого дома. Сведения о деталях планировки старого типа малого дома со входом с торца весьма скудны. Возможно, что новый тип дома имел и свои планировочные преимущества, например, лучшие отопительные устройства. Одно несомненно, что в конце XVII века в городах Латвии появляется новый тип малого дома. Старый тип сохраняется и продолжает развиваться только в укрепленной части Риги.

В течение XVIII века города Латвии продолжают развиваться. После бедствий Северной войны восстанавливаются торговля и ремесло в Риге, увеличиваются торговля и благосостояние городов Курляндского герцогства. Вместе с развитием городов происходит общественное расслоение городского населения и обостряется классовая борьба. В городах Латвии она имеет не только социальный, но и национальный характер. Немецкое население городов старается захватить в свои руки торговлю и ремесло и закабалить население других народностей. Особенно острые формы эта социальная и национальная борьба принимает в Риге. Латышам и другим народностям не разрешается приобретать недвижимое имущество и строить дома в черте города, а также заниматься торговлей и более доходными видами ремесел. Латышское население пригородов увеличивается и отстаивает свои права. В свою очередь это население тоже социально дифференцируется, и из общей среды начинают выделяться некоторые более зажиточные слои латышских ремесленников, например, браковщиков мачт. Эти социальные условия жизни городского населения отражаются и на развитии малого дома. Если беднейшие слои населения продолжают строить старые типы домов, то более зажиточные слои ищут возможностей лучшего удовлетворения своих жилищных потребностей и стараются улучшить и видоизменить существующие типы домов. Таким образом, с расслоением общества развиваются новые формы жилищных потребностей и новые типы малых домов.

После конца XVII и начала XVIII вв. сравнительно богатый материал по застройке городов Латвии имеется с конца XVIII и начала XIX вв., особенно в рисунках И. К. Броце. По этим рисункам видно, что в это время в пригородах Риги сохранились те же типы малого жилого дома, которые там имелись уже в конце XVII века. Возможно, что в течение столетия несколько развилась и строительная техника и улучшились эксплуатационные качества домов, но общая планировка, материал, конструкции и формы домов городских рабочих, рыбаков и других малоимущих слоев городского населения остались без изменений.

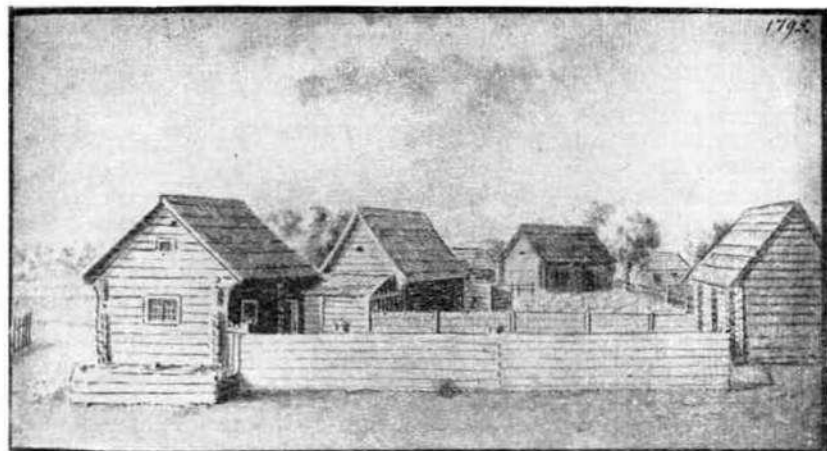


Рис. 6.

Застройка пригородов на левом берегу реки Даугавы в это время состоит из одноэтажных рубленых домов с двускатными, полувальмовыми и четырехскатными крышами, крытыми щепой и соломой. Рисунки И. К. Броце дают довольно полное общее представление о застройке пригородов Риги в это время. Например, на рис. № 6 показаны дома рыбаков на острове Кипсала<sup>13)</sup>. Это маленькие двухраздельные домики без дымовых труб с высокими двускатными крышами, крытыми щепой. У переднего дома на стороне входа устроен небольшой открытый навес, какой часто встречается в крестьянских домах. Комнаты домов имеют небольшие окна с деревянными переплетами.

В рукописях И. К. Броце имеются зарисовки малых домов и более зажиточных слоев латышского населения. На рис. № 7<sup>14)</sup>

два дома на переднем плане принадлежат уже к трехраздельному типу. В центре дома устроена дымовая труба, которая, согласно отопительной системе XVIII века, указывает на наличие за сенями особой отопительной камеры-кухни. Направо и налево от такой камеры устроены комнаты и, по всей вероятности, несколько комор. Для домов зажиточных слоев населения пригородов характерны полувальмовые и мансардные формы черепичных крыш. В XVIII веке в городах Латвии в мансардах таких домов не имеется жилых помещений, и слуховые окна высоких крыш являются в основном декоративными элементами зданий<sup>15</sup>).

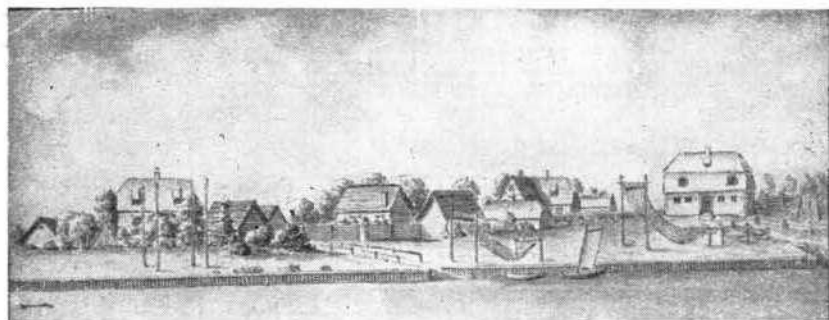


Рис. 7.

Подобный же характер, согласно зарисовкам И. К. Броце, имеет жилая застройка в другом пригороде Риги, на левом берегу реки Даугавы<sup>16</sup>).

Малые города Видземе — Валмиера, Цесис, Лимбажи в XVIII веке переживают период экономического застоя. Их опустошают и большие пожары (Валмиера — 1720 г., Цесис — 1748 г., Лимбажи — 1747 г.). Население этих городов занимается торговлей и ремеслом, а частично и земледелием. Число жителей там незначительно, соответственно мало развита и их застройка. Например, в Валмиере в 1819 г. имеется всего 563 жителя. В городе 81 жилой дом, из них 71 дом деревянный и 10 домов каменных, 28 деревянных домов имеют кровли из щепы<sup>17</sup>). Население города живет в плохих жилищных условиях, так как в частных домах размещены войсковые части. В Валмиере в это время стоит целый полк в составе 400 нижних чинов и 16 офицеров. Местные жители и военные нередко должны жить не только в одной квартире, но и в одном помещении.

Типы жилых домов в малых городах Видземе те же, что и

в пригородах Риги. В рукописях И. К. Броце имеются несколько характерных видов города Валмиеры, зарисованных в конце XVIII века. Вид с реки Гауя показан на рис. № 8<sup>18)</sup>. Основным типом жилого дома города Валмиеры в этот период является одноэтажный двухпролетный дом с высокой полувальмовой крышей. Такой дом имеет асимметричный боковой вход, и в нем, согласно планировочным схемам конца XVIII века, устроены сени, отопительная камера-кухня, одна комната и 1—2 коморы. Кроме этого типа малого дома в городе имеются и более крупные дома со входом и отопительной камерой



Рис. 8.

в центре здания. Аналогичная застройка показана и в зарисовке И. К. Броце города Цесис<sup>19)</sup>.

Кроме зарисовок панорам городов и групп домов, в рукописях И. К. Броце собраны также копии обмеров коммунальных зданий с фасадами и планами. Эти обмеры показывают основные планировочные схемы домов XVIII столетия. Характер коммунальных зданий городов весьма разнообразен: богадельни, школы, ратуши, кузницы, корчмы, дома офицеров и др. Все эти дома имеют по существу только две основные планировочные схемы, которые различаются расположением в плане дома отопительного центра. Такой отопительный центр в XVIII веке состоит из огнестойкой отопительной камеры-кухни,



перекрытие которой имеет пирамидальную форму и завершается над крышей дымовой трубой. В этой камере-кухне устроен открытый очаг для варки пищи, и из этой камеры отапливаются печи комнат. Дым от печей поступает обратно в камеру и выходит через общую дымовую трубу.

Внутренние размеры такой камеры около 3,0×3,0 м, и в двухпролетном здании она размещается против капитальной стены, оставляя с каждой стороны еще достаточную площадь для устройства сеней. По характеру зданий вход в камеру-кухню имеется или только со двора, или с обеих сеней. В меньшем типе малого дома отопительная камера-кухня располагается на одном конце здания, и рядом с нею устраиваются одно или два отапливаемых помещения. В более крупных зданиях отопительная камера-кухня располагается в средней части здания и отапливаемые помещения устраиваются с двух

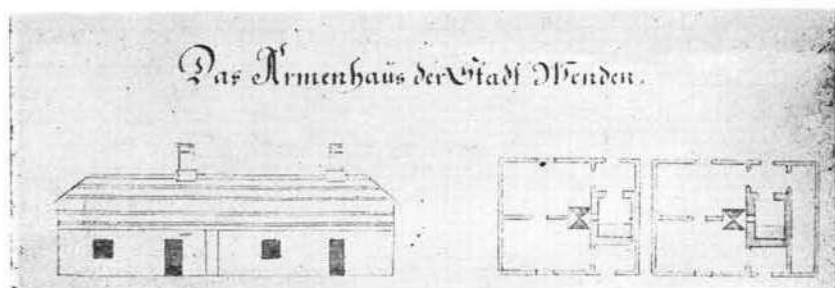


Рис. 9.

сторон. Кроме отапливаемых помещений, в домах XVIII столетия имеются еще жилые помещения без печей — т. н. коморы. Эта планировочная схема в XVIII веке применяется как для жилых, так и общественных зданий. В новых общественных зданиях в конце XVIII в., наряду с отопительной камерой, начинают строить и коренные дымовые трубы и печи с т. н. передней топкой.

Богадельня гор. Цесис (рис. № 9)<sup>20</sup> устроена в двух жилых зданиях. Планировка этих, видимо, весьма старых зданий характеризуется простейшим асимметричным тип. Здание школы в гор. Лимбажи (рис. № 10)<sup>21</sup> состоит из основного ядра с отопительной камерой-кухней и из пристройки с новым типом печи.

Материалы И. К. Броце по коммунальным зданиям городов Видземе характеризуют не только их планировочные схемы, но и объемные решения. Здания имеют простые прямоугольные формы объемов и высокие полувальмовые крыши. В



чертежах фасадов заметны стремления к симметрии и ритмичному расположению оконных и дверных проемов, но требования интерьера считаются решающими. На фасадах нет декоративных деталей, только дом городничего в Лимбажи получил рустованные углы.

Показанные в обмерах коммунальных зданий планировочные схемы XVIII в. подтверждаются и другими источниками. Аналогичные плановые решения имеют малые дома имений.

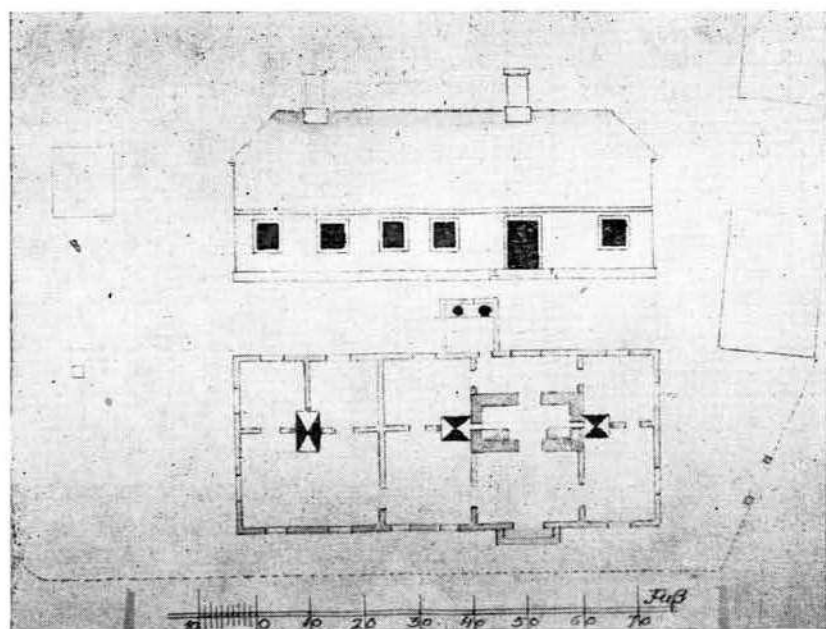


Рис. 10.

Из большого количества примеров в инвентарных описях застройки имений конца XVIII и начала XIX вв. можно отметить схему планировки старого дома имения Вилкене (рис. № 11)<sup>22</sup> и дом фольварка Пикукалн имения Икшкиле (рис. № 12)<sup>23</sup>.

В XVIII веке в жилых домах Латвии распространены печи с т. н. задней топкой и отопительные камеры-кухни. Они устроены во всех благоустроенных домах. Ими оборудованы и жилые здания с дымовыми трубами, которые зарисованы И. К. Броце в пригородах Риги и в малых городах Видземе.

Относительно застройки XVIII века городов Курземе и Земгале еще не имеется специальных исследований. Но плани-

ровка малых домов в городе Айзпите и Салдус еще в первой половине XX века сохранила ясные следы распространения там в XVIII веке тех же планировочных схем<sup>24)</sup>.

Малые дома Латвии XVII и XVIII вв. характерны простыми и регулярными формами своих объемов, но они не свидетельствуют о большом интересе застройщиков к деталям архитектурных форм. Это отмечают и путешественники начала XIX века, сравнивая старые части городов Латвии с соседними русскими городами и с новыми форштатами Риги<sup>25)</sup>. В инвентарных описях имений XVII в. можно встретить примеры, где в одном здании каждое помещение имеет свою форму окон. Малый интерес к регулярности фасадов замечается и в общественных зданиях городов XVIII в., обмеры которых собраны в рукописях И. К. Броце. Таким же характером нерегулярно-

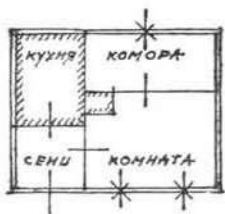


Рис. 11.

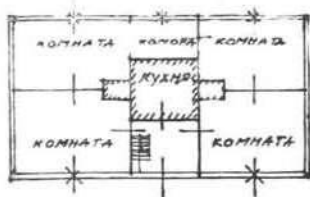


Рис. 12.

сти, не лишенным своеобразной живописности, отличается и застройка Старой Риги.

К концу XVIII века в Латвии интерес к развитой архитектурной форме начинает возрастать. Дворянство Прибалтики устанавливает тесные связи с Петербургским двором, в строительстве барских домов проявляются стремления к роскоши. Конец XVIII и начало XIX вв. считается периодом расцвета архитектуры барского дома в Прибалтике<sup>26)</sup>. Этот расцвет архитектуры эксплуататорских классов осуществляется в стилистических формах классицизма. В этих же формах строятся и новые общественные здания городов.

После войны 1812 г. в Латвии начинает осуществляться государственная политика украшения российских городов. Строительство частных домов разрешается только с использованием образцовых фасадов, одобренных императором и единых для всей Российской империи<sup>27)</sup>. Государство в эту эпоху интересуется только парадным видом улицы, уличными фасадами, заборами и воротами, предоставляя городским самоуправлениям право следить за планировкой, конструкциями и благоустройством домов<sup>28)</sup>.

По новым правилам застройки дом своей длинной стороной должен всегда ставиться на красную линию улицы. Такой вид застройки в городах Латвии, как было указано, начал развиваться уже в конце XVII века, но теперь он становится обязательной нормой.

Образцовые фасады частных домов начала XIX века были разработаны в формах классицизма под руководством профессора Петербургской Академии художеств архитектора А. А. Михайлова<sup>29</sup>). Чертежи этих фасадов опубликованы без планов. В своих деталях они показывают благородные, простые



Рис. 13.

классические формы и хорошие пропорции отдельных элементов.

Жилая застройка Риги этого периода характерна строгой симметрией своих уличных фасадов. Малые дома на улице имеют 3 оконных проема, более крупные — 5 проемов. Центральная ось более длинных фасадов подчеркнута фронтоном с ризалитом или без него. Очень часто одноэтажные здания в центре уличного фасада имеют мезонин с фронтоном. На фасадах домов выделяется широкий карниз с четкой профилировкой, сандрики над оконными обрамлениями, ряд окон со ставнями и полоса сравнительно высокого цоколя. Так как образцовые фасады были разработаны в формах каменных зданий, а жилые дома того времени были в основном деревянными, то дома этого периода характерны переработкой в деревянной обшивке каменных форм. Характерный пример малого дома в Риге периода образцовых фасадов показан на рис. № 13<sup>30</sup>). Элементы этого дома до настоящего времени

хорошо сохранили свой первоначальный вид, только черепичная кровля заменена оцинкованной жезью.

Единые образцовые фасады для всей Российской империи не могли учитывать разнообразия климата, строительных материалов и бытовых условий в разных областях великого государства. Для применения в городах Латвии их необходимо было видоизменять. Вместо пологих четырехскатных крыш, крытых листовым железом, в Латвии допускались более высокие крыши, крытые черепицей. Для малых домов с незначительными размерами в альбомах образцовых фасадов вообще не было подходящих примеров, и в Риге на второстепенных улицах небольшие жилые здания разрешалось строить по старым традициям<sup>31)</sup>. Поэтому в начале XIX века в городах Латвии не все малые дома строились с образцовыми фасадами, а по ним построенные часто довольно сильно отличались от своих образцов.

Период образцовых фасадов развил в строительстве малых домов интерес к более утонченной архитектурной форме. С этого времени фасады домов имеют регулярное распределение и лучшие пропорции оконных проемов. В решении уличных фасадов наблюдается предпочтение симметричной композиции. Излюбленным мотивом украшения одноэтажного дома с этого времени становится центральный мезонин с фронтоном. Этот мотив сохраняется в строительстве малых домов периферийных городов Латвии до середины XX века. Период образцовых фасадов способствует также распространению хороших пропорций и форм в деталях зданий.

Общий вид жилой застройки городов Латвии в начале XIX в. меняется. Вместо простых объемов с высокими полуальмовыми крышами появляются дома с центральными ризалитами и мезонинами. С этого времени сохранилась интересная зарисовка города Екабпилс в Земгале, центральная часть которой показана на рис. № 14<sup>32)</sup>. Город на этом рисунке виден со стороны реки Даугавы. Задний план занят общественными зданиями, вдоль берега расположены лучшие дома города. Характерно, что все они имеют в центре главного фасада мезонин с одним или двумя оконными проемами. Фасады этих домов строго симметричны с центральным входом и 2—3 окнами по каждую сторону дверей. В левой части рисунка видно несколько малых домов асимметричного типа, планы которых анализировались вместе с описанием застройки пригородов Риги и городов Валмиеры и Цесис в конце XVIII века.

Период образцовых фасадов в Латвии охватывает всю первую половину XIX века<sup>33)</sup>. Этот период не создал новых типов малых домов. Для применения образцовых фасадов программа



Рис. 14.

дома органически не перерабатывалась, а все дополнительные элементы планировки дома переносились в дворовую часть. Со стороны двора разными пристройками дома получали довольно сложные объемные решения. В своем построении образцовые фасады были рассчитаны на анфиладу парадных помещений вдоль улицы. В малых домах такая программа жилища не осуществлялась.

В этот период в городах Латвии лучшие деревянные дома строились из брусьев с соединением углов рубкой «в лапу». Углы домов обычно обшивались досками в виде пилястр или рустов. Дворовые пристройки имели более легкие виды конструкций и получали вертикальную дощатую обшивку с рейками. В лучших домах этого периода можно найти прекрасные образцы исполнения столярных работ, особенно деталей карнизов, окон, дверей. Элементы классической формы, которую культивировал период классицизма, сохранились в традициях ремесленников Латвии в течение всего XIX века.

В шестидесятых годах XIX в. в городах Латвии упраздняются остатки сословных ограничений и начинается бурное развитие капитализма. В городах развиваются промышленность и торговля. В поисках работы туда устремляются безземельные крестьяне. Для нового городского населения в течение второй половины XIX в. в большом объеме строятся жилые здания. В благоустроенном центре более крупных городов с помощью долгосрочного кредита возводятся большие доходные дома для буржуазии. Мелкие капиталисты в периферийных районах строят малые доходные дома. На окраинах городов развивается жилищное строительство более зажиточного слоя рабочих и служащих. В малых городах центр застраивается небольшими доходными домами, на периферии строятся малые дома. Развитие малого дома городов Латвии в период капитализма лучше всего проследить в Риге, где общественная дифференциация населения выражается яснее и где быстрее развивается строительная техника.

Основную массу населения городов в капиталистический период составляют фабричные рабочие, обычно выходцы из деревни. Крестьянское жилище Латвии в середине XIX в. имеет весьма мало помещений и удобств. Семья батрака в крестьянском хуторе Видземе, Курземе и Земгале не имеет своего особого жилого помещения и должна довольствоваться углом в общей жилой комнате. Семья крестьянина в Латгале живет в однокамерной квартире. Жилищные потребности пришельцев из деревни в города очень скромны. Основным типом индивидуального дома городского рабочего во второй половине XIX века поэтому сохраняется тот же однопролетный двухраз-

дельный дом, который в пригородах Риги строился уже в XVII веке. Несколько изменились только формы этого дома и его оборудование. Пример одноквартирного дома городского рабочего показан на рис. № 15<sup>34</sup>). От предыдущего периода он отличается главным образом наружной отделкой, величиною и формой оконных проемов и отопительными устройствами.

В капиталистический период одноквартирные однокомнатные дома строятся сравнительно редко. Обычно в доме устраиваются две однокомнатные квартиры. Объем дома от этого несколько увеличивается, дом становится двухпролетным. При-

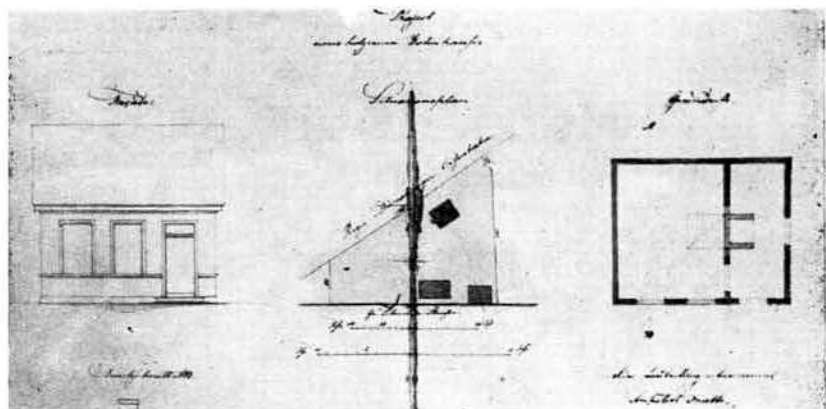


Рис. 15.

мер такого дома показан на рис. № 16<sup>35</sup>). В восьмидесятых годах такой дом получает у входа тамбур. К концу XIX века меняется форма крыши, вместо полувальмовой крыши строится простая двускатная крыша. Несколько изменяются отопительные устройства, но основные элементы планировки его сохраняются до начала XX века<sup>36</sup>).

В начале семидесятых годов на Московском форштате Риги, где проживало много русского населения, еще строились некоторые дома с однокамерными квартирами. В пригородах Риги на левом берегу реки Даугавы в это время встречаются еще малые дома с однокомнатными квартирами и темной общей кухней в середине здания. Но в восьмидесятых годах эти разновидности минимальной квартиры исчезают, и единственным типом жилища городского рабочего в Риге становится уже описанная квартира из комнаты и проходной кухни.

Во второй половине XIX в. в общем сохраняются также и основные планировочные схемы малых домов, развившиеся в

течение XVIII века. Из малого асимметричного типа дома развивается двухпролетный дом с двухкомнатной квартирой. Пример планировки такой квартиры показан на рис. № 17<sup>37</sup>). Вместо прежней темной отопительной камеры-кухни в квартире устроена светлая кухня. Двухкомнатная квартира имеет

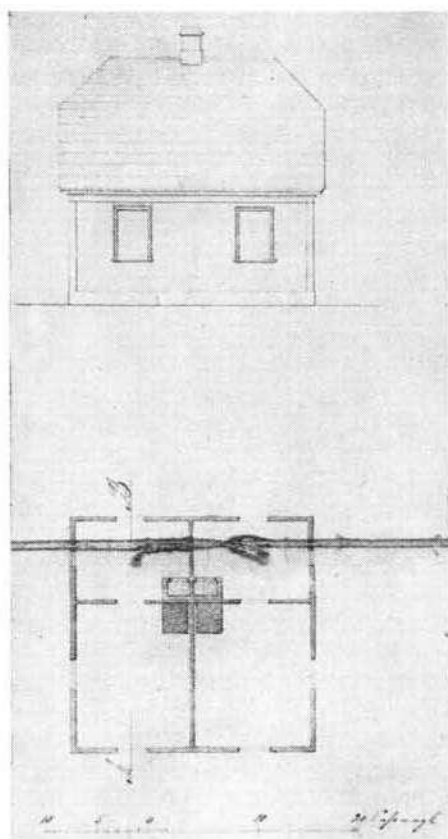


Рис. 16.

два входа, причем у дворового входа устроена уборная. В Риге этот асимметричный тип не получил широкого распространения, так как двухкомнатные квартиры в Риге строятся в более крупных домах центральных районов.

Второй основной тип дома предыдущего периода с отопительной камерой-кухней в центре здания видоизменяется таким образом, что в центре дома устраивается поперечный коридор



с уличным и дворовым входом и к этому коридору с обеих сторон приключаются кухни и жилые помещения. В наиболее ясной форме дальнейшее развитие этого типа видно в планировке небольших доходных домов с т. н. поперечным коридором. Такой коридор в плане дома занимает большую площадь, и в Риге в последней четверти XIX в. застройщики начинают его видоизменять. Вместо сквозного коридора в малых домах с двухкомнатными квартирами на дворовой стороне устраивается пристройка тамбура с уборными.

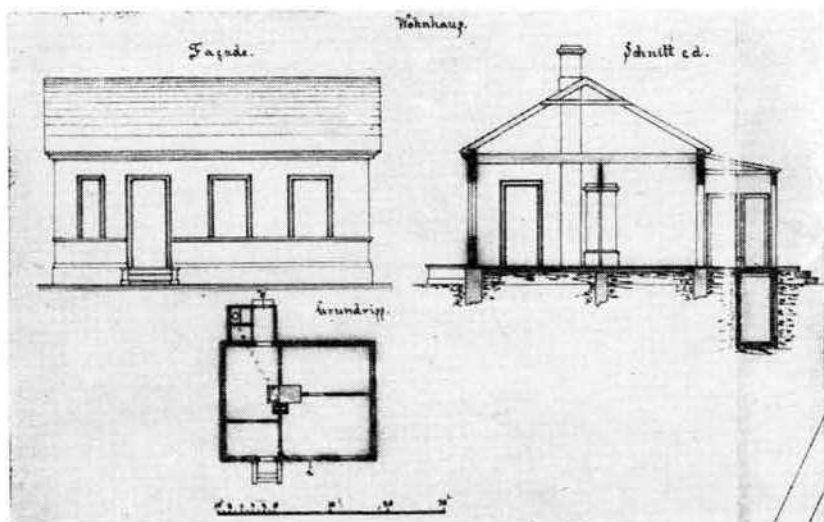


Рис. 17.

Трехкомнатные квартиры в малых домах Риги во второй половине XIX века встречаются редко, так как их устраивают в больших доходных домах в центральной части города. На рис. № 18<sup>38</sup>) показан пример планировки трехкомнатной квартиры в малом доме. Квартира в общих чертах повторяет программу конца XVII века с большой столовой-гостиной на стороне улицы и двумя небольшими комнатами на стороне двора. В такой квартире радикально изменилась только кухня.

Период капитализма второй половины XIX века не был благоприятен развитию малого дома. Рост городов вызывал сильное повышение земельной ренты, строительные участки были дороги, одноквартирные малые дома на них были неэкономичны. Поэтому в периферийных районах вместо малых домов развивается строительство небольших доходных домов с

6—8 однокомнатными квартирами. Для планировки таких доходных однокомнатных домов в Риге развились только две основные схемы — дом с наружным продольным коридором и дом с внутренним поперечным коридором. Особенно широко распространен тип с внутренним поперечным коридором. Он встречается не только в двухэтажных домах, но и в домах в полтора этажа. Строительство малых квартир в таких одноэтажных домах с мезонином и мансардами обходилось дешевле, чем в двухэтажных домах. Такое преимущество этот тип дома имел потому, что строительные правила конца XIX в.

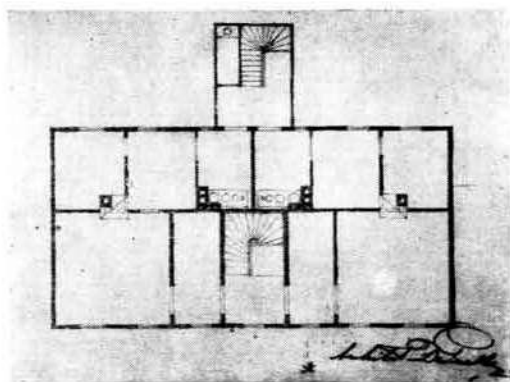


Рис. 18.

требовали устройства в деревянных двухэтажных домах двух лестниц и внутренних уборных, а одноэтажные дома с мезонином и мансардой могли строиться с одной лестницей и наружными уборными. Весьма распространенный тип небольшого доходного дома в полтора этажа виден на рис. № 19<sup>39</sup>). Фасад дома показывает, что в капиталистический период, в погоне за дешевизной, разрушаются классические формы деталей дома. Эта погоня за прибылью в начале XX века разрушает и установившиеся планировочные схемы небольшого доходного дома. Дом в полтора этажа в конце XIX в. начинают строить без внутреннего коридора, с тамбурами в виде маленьких неудобных пристроек. Эксплуатационные неудобства такого дома вытекают из того, что квартиры на стороне улицы не имеют удобной связи со двором, где находятся колодезь, уборные и дровяники. В квартирах мансард кухни обычно изолированы от комнат

В течение второй половины XIX века сильно развивается промышленность строительных материалов. Это отразилось и на конструкциях малого дома. Деревянные дома конца XIX века строятся каркасного типа с горизонтальной наружной об-

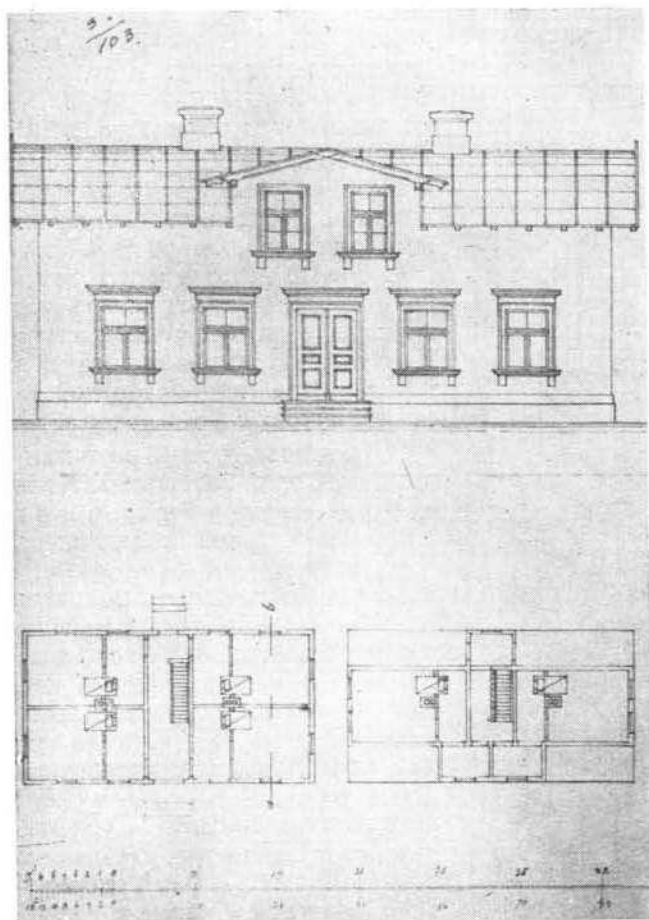


Рис. 19.

шивкой. Каркас заполняется двумя рядами трехдюймовых планок. Стены и потолки отопляемых помещений штукатурятся. На участках долгосрочной аренды за чертой города малые дома частично строятся каркасные с засыпным заполнением. В течение второй половины XIX века сильно изменяются отопи-

тельные устройства. Отопительные камеры-кухни сначала превращаются в коренные дымовые трубы с небольшим расширением в нижней части, где устраивается очаг перед топочным отверстием печи, потом печь устраивается рядом с коренной дымовой трубой и, наконец, появляются печи с задней топкой. В лучших домах уже в семидесятых годах распространяются плиты с отопительными щитками, которые постепенно вытесняют очаги перед печами с задней топкой.

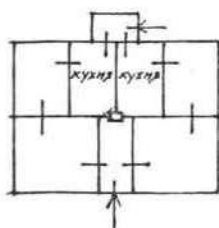
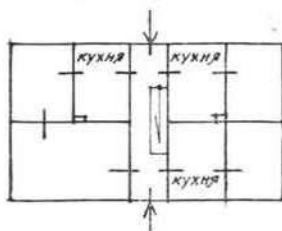
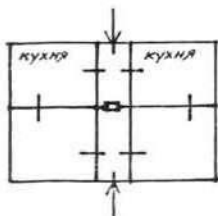
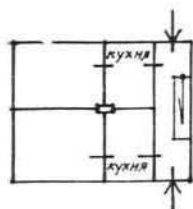


Рис. 20.

на торце, симметричный — в середине здания. Рис. № 20 показывает схемы планировки жилых домов в городе Айзпите в двадцатых и тридцатых годах XX века<sup>40</sup>). Первая схема соответствует упомянутому асимметричному решению, остальные схемы являются вариантами второго симметричного решения.

По тем же планировочным схемам еще в XX веке построены дома в городах Тукумс, Салдус, Бауска. В малых домах указанных городов были распространены те же типы квартир, что в Риге. Схемы на рис. № 20 показывают, что в малых домах Айзпуте имелись только два типа квартир: однокомнатная квартира с проходной кухней и двухкомнатная квартира с отдельными входами в проходную кухню и гостиную. Спальня в такой двухкомнатной квартире устраивалась проходной комнатой между кухней и гостиной. В примерах планировки малых домов начала XX века в указанных городах наблюдаются стремления ликвидировать средний коридор и на дворовой стороне здания строить тамбуры в виде пристроек. Строительные материалы и конструкции, а также оборудование малых домов в городах Видземе, Курземе и Земгале следуют по тому же пути развития, что и в Риге, только архитектурные формы там не претерпевают столь резких изменений.

В последней четверти XIX в. объемы малых домов увеличиваются, в них устраивается больше квартир, и малый дом постепенно перерастает в доходный дом с 6—8 малыми квартирами. Такой дом в свою очередь является только переходной ступенью к строительству более крупных доходных домов. Жилищное строительство в Риге и в других более

крупных городах Латвии в это время преобразовывается в важную отрасль капиталистического хозяйства, руководство которой переходит в руки банков. В начале XX века финансированием этой отрасли хозяйства в Риге занимаются два крупных банка долгосрочного кредита и целый ряд ссудо-сберегательных касс, обеспечивающих краткосрочные кредиты<sup>41)</sup>. Основные капиталовложения направляются на строительство крупных доходных домов, как более рентабельных. Такие крупные дома строятся главным образом в районах города с водопроводом и канализацией. В

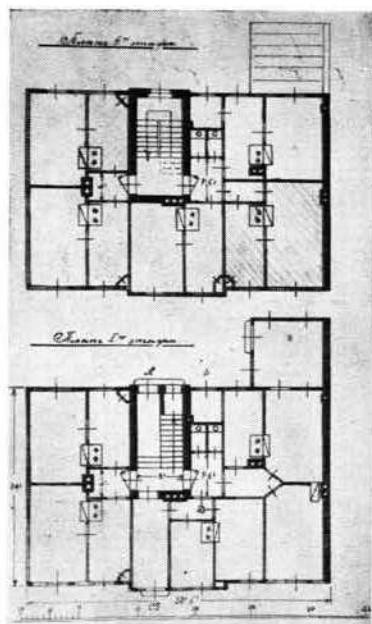


Рис. 21.

периферийных районах в большом числе строятся новые типы двухэтажных деревянных доходных домов, схемы планировки которых заимствованы от многоэтажных зданий. Типичный пример такого односекционного двухэтажного деревянного дома показан на рис. № 21 <sup>42)</sup>. Наряду с такими односекционными домами распространены и двухсекционные и угловые дома.

Строительство больших доходных домов капиталистического периода организует массовое производство малых квар-

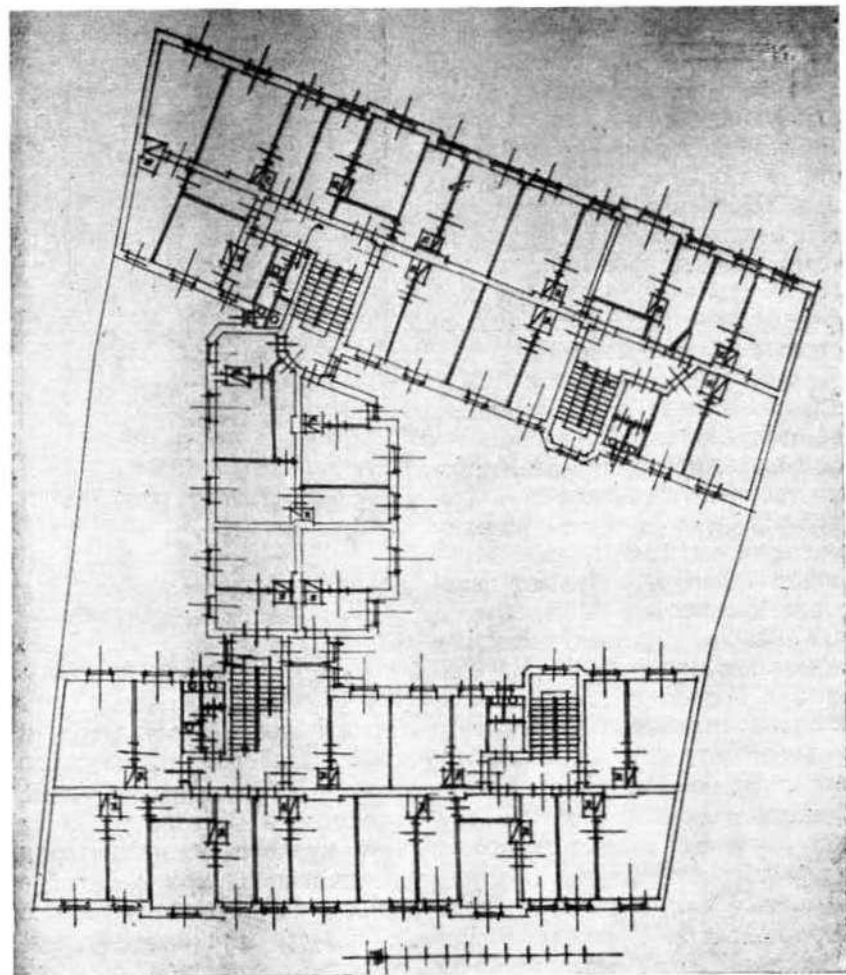


Рис. 22.

тир, основные типы которых были развиты малыми домами. Большие доходные дома Риги начала XX в. состоят в основном из длинных многоэтажных двухпролетных корпусов с каменными лестничными клетками и такими же лестницами. В целях экономии к одной лестничной площадке стараются приключить возможно большее число квартир. Эту задачу довольно трудно решить в домах с обычными однокомнатными квартирами со входом из лестничной клетки непосредственно в проходную кухню. В таких домах поэтому развивается новый

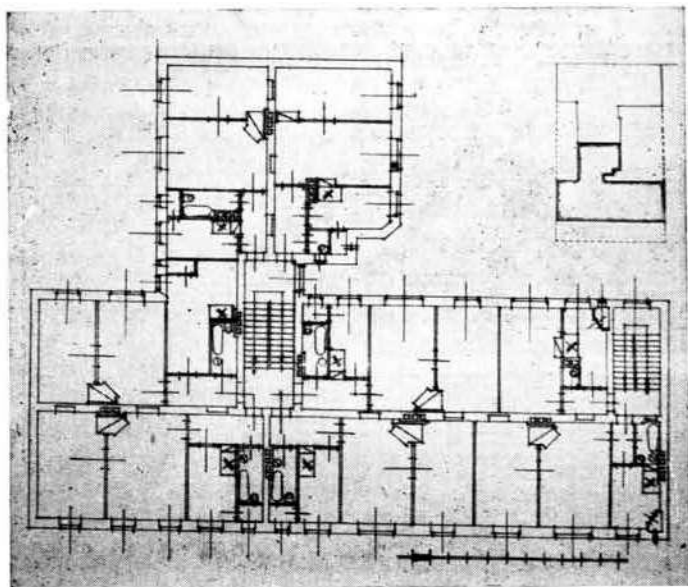


Рис. 23.

тип однокомнатной квартиры с просторной передней в виде коридора. Пример планировки крупного доходного дома в периферийном районе Риги показан на рис. № 22<sup>43</sup>). На одну площадку лестницы там выходят двери 5—6 однокомнатных квартир. Район не имеет канализации, и на каждом этаже устроены группы общих уборных.

Доходные дома с двухкомнатными квартирами строятся ближе к центру города и часто оборудованы ватерклозетами и ваннами. Пример планировки большого доходного дома с двухкомнатными квартирами показан на рис. № 23<sup>44</sup>). Как видно по плану, двухкомнатная квартира в доходном доме сохраняет основное содержание своей программы, развитой в

малом доме. Она имеет переднюю, в которую выходят двери из кухни и жилой комнаты, спальня находится за проходной жилой комнатой. В доходном доме двухкомнатная квартира менее парадна, чем в примерах малых домов, и соответствует более старым традициям, сохранившимся в сельском жилище.

В больших доходных домах начала XX в. в Риге появляется новый тип квартиры с 3 комнатами. Чтобы создать большую вариативность в использовании этой сравнительно дорогой квартиры и обеспечить на нее наибольший спрос, основным организующим элементом ее планировки является внутренний коридор, к которому проектировщики стараются непосредственно приключить возможно большее число помещений. В

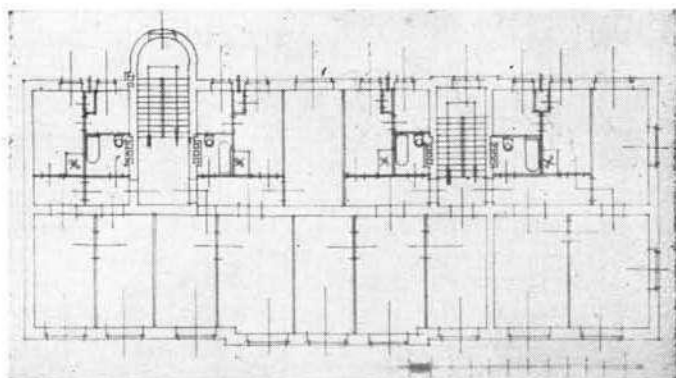


Рис. 24.

этот коридор обязательно выходят двери двух комнат, часто и всех трех, и двери вспомогательных помещений. Трехкомнатные квартиры устраиваются в центральных районах города. Обычно они оборудованы ватерклозетом, ванной, часто и центральным отоплением. В таких квартирах рядом с кухней устроена и маленькая комнатка для домашней работницы. В качестве примера планировки трехкомнатных квартир дан план на рис. № 24<sup>45)</sup>. Кроме квартир с 1, 2 и 3 комнатами, в больших доходных домах начала XX в. устраиваются средние квартиры с 4, 5 комнатами и крупные квартиры с 6, 7 и 8 комнатами.

В обзоре развития типов малого жилого дома необходимо было показать и квартиры в больших доходных домах, потому что там развиваются новые элементы благоустройства, как ватерклозеты и ванны, и новые схемы планировки, которые влияют на дальнейшее развитие малого дома.



В больших доходных домах, где квартира становится товаром, вырабатываются определенные площади и размеры отдельных помещений квартиры. Например, в однокомнатных квартирах кухни устраиваются площадью в 10 кв. м, комнаты — 15 кв. м, в двухкомнатных квартирах кухни 8,0—10,0 кв. м, первая комната — 17,0 кв. м, вторая — 15,0 кв. м; в трехкомнатных квартирах средняя площадь комнат — 15,0 кв. м, 18,0—20,0 кв. м и 17,0 кв. м<sup>46</sup>).

В больших доходных домах значительно улучшается однокомнатная квартира. Она приключается к водопроводу, получает в кухне раковину, вентилируемую кладовую для продуктов, в благоустроенных домах — переднюю и ватерклозет, на окраинах города — внутреннюю уборную. В больших домах во всех квартирах устраиваются двойные оконные переплеты и хорошие кафельные печи. Прогресс оборудования и внутренней отделки имеется и в двухкомнатных квартирах, где появляются ватерклозет и ванны. Особенно следует отметить трехкомнатную квартиру, которая по своей программе отличается от старых типов трехкомнатных квартир городов Латвии. Трехкомнатная квартира Риги в начале XX века среди малых квартир выделяется хорошими эксплуатационными качествами. Там обычно имеется электричество, центральное отопление, ванны, паркетные полы и хорошая внутренняя отделка. Эти квартиры в начале XX в. заселялись низшими слоями городской буржуазии, служащими и представителями трудовой интеллигенции. Строя потом свой индивидуальный дом, застройщики из соответствующих общественных кругов старались и свои собственные дома устраивать с такими же удобствами, к каким они привыкли в благоустроенных доходных домах.

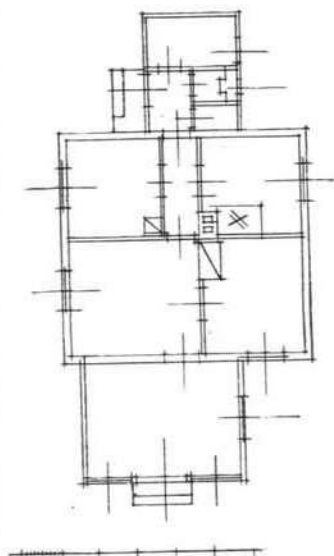


Рис. 25.

Строительство доходных домов капиталистического периода, наряду с своими положительными сторонами, имело много недостатков, в основном градостроительного порядка. Застройка центральных районов была слишком уплотнена. В квартирах с большими доходными домами в Риге она доходила до 70 %, а на угловых участках даже до 76—78 %. Квар-

тиры больших домов имели плохую инсоляцию и аэрацию, в кварталах не было зелени. Благоустроенные квартиры больших доходных домов могли удовлетворить запросы удобств и уюта в зимний период. В летний период более зажиточные круги городского населения стремились уехать на дачи. Уже в XVIII веке в окрестностях Риги строились виллы богатых горожан<sup>47)</sup>, примерно с 1840 года как дачное место начинает развиваться Ригас Юрмала (Рижское Взморье), где перед первой мировой войной было уже более 6000 домов. Меньшие дачные районы в конце XIX в. организуются и в других местах, вблизи станций Рижского железнодорожного узла.

Планировка дач рижан во второй половине XIX века прошла довольно сложный путь развития. В сороковых годах



Рис. 26.

XIX в. такая дача состояла из простой формы жилого корпуса с открытой верандой и из кухни, устроенной в другом здании<sup>48)</sup>. В начале XX века дачи мелкой буржуазии и трудовой интеллигенции в периферийных районах Ригас Юрмала имеют сложный объем. Они состоят из основного прямоугольного корпуса каркасной засыпной конструкции с высокой крышей, крытой щепой, и двух пристроек. В основном корпусе устроена маленькая трехкомнатная квартира по образцу квартир доходных домов с внутренним коридором, в который выходят двери двух комнат и кухни. На стороне улицы перед главным корпусом устраивается застекленная веранда, а на дворовой стороне — пристройка сеней с кладовой и уборной, иногда в этой пристройке имеется и комната для домашней работницы. Веранда непосредственно примыкает к жилой комнате. Типич-

ный план такой дачи показан на рис. № 25<sup>49)</sup>. Объемное решение небольших дач на Ригас Юрмала видно по рис. № 26<sup>50)</sup>. По такой же схеме планировались и более крупные дачи в полтора этажа, как видно по плану на рис. № 27<sup>51)</sup>.

Две квартиры — одна в доходном доме, другая на Ригас Юрмала или в другом дачном районе обходились дорого, и в начале XX века в Риге созревает идея об организации на окраине Риги особого жилого района, который давал бы возможность объединить городскую квартиру с дачей. Практические возможности для осуществления таких идей открыло развитие городского транспорта и устройство в Риге электрического трамвая в 1901 г. Дачная колония Межа Паркс (Кайзервальд) организуется в Риге в 1902 г., ее развитие поощряется Рижским городским самоуправлением, которое организует транспортное обслуживание колонии и в 1908 г. расширяет ее на своих землях. Перед первой мировой войной эта дачная колония приобретает некоторую популярность среди городских служащих и рижской интеллигенции<sup>52)</sup>.

Для развития малого дома организация нового вида застройки на периферии города имела большое значение. К этому времени жилищное строительство рабочих и служащих на окраинах города почти прекратилось. Теперь в периферийные районы города переселяются зажиточные слои городского населения. Для развития малого дома

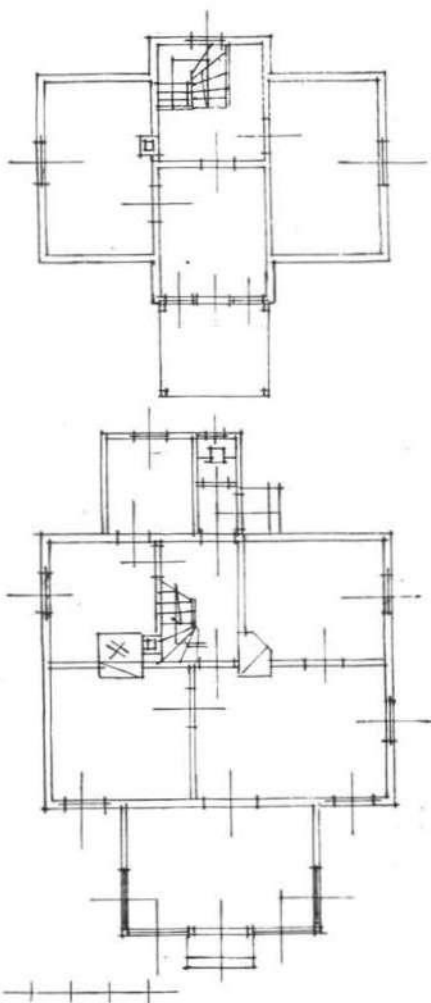


Рис. 27.

было особенно важно переселение в периферийные районы представителей городской интеллигенции.

Первая мировая война в 1914 г. прервала в Латвии бурное развитие капитализма. С военной и хозяйственной помощью капиталистических стран в 1920 г. после мирного договора с Союзом ССР в Латвии устанавливается буржуазная республика, которая приступает к восстановлению на капиталистических началах разрушенного войною хозяйства страны. Хотя иностранный капитал в значительном объеме инвестируется в хозяйство республики, развитие экономики Латвии протекает очень медленно. Хозяйство буржуазной республики не имеет тесных связей с Россией, которая раньше доставляла Латвии сырье и служила рынком для сбыта готовых товаров. Крупная промышленность не развивается, вместо нее появляется большое число средних и малых промышленных и ремесленных предприятий. Такой же характер имеет и развитие торговли.

Во время войны жилищное строительство совершенно прекращается и после войны восстанавливается очень медленно. Государственный долгосрочный кредит организуется в 1924 г., но он дорог и выдается в весьма ограниченном объеме — в среднем в 30% стоимости зданий. На более выгодных условиях кредитуются только малые дома с 6—8 комнатами. При таких обстоятельствах жилищное строительство не могло развиваться в важную отрасль капиталистического хозяйства, какой оно было до первой мировой войны. Жилые дома строятся для непосредственных нужд застройщиков или служат формой накопления для мелких капиталистов. Жилая застройка этого периода в основном состоит из малых домов. Это показывает и статистика. В двадцатых годах в новом доме в среднем по всей республике имеется всего 2,5 квартиры, к концу тридцатых годов объем дома несколько увеличивается и в одном доме в среднем имеется уже 4 квартиры. В течение всего этого периода в одной квартире в среднем устроены 2,5 комнаты.

Малые дома этого периода строятся в хозяйственном порядке. Застройщик закупает строительные материалы и приглашает для отдельных видов работ соответствующих мастеров. В Риге консультантами застройщиков работают архитекторы, в остальных городах все вопросы решаются застройщиками и мастерами. Строительство малых домов в буржуазной республике не имело организующих центров. Государственный Ипотечный банк в тридцатых годах выпустил три серии образцовых проектов, которые в своих лучших примерах лишь популя-

ризировали уже установившиеся типовые решения. В течение этого периода были опубликованы два руководства по строительству малых домов<sup>53</sup>). Городскими самоуправлениями были изданы новые строительные правила, более учитывающие специфику малых домов.

Строительство малых домов имело свои особые условия развития в столице республики — в Риге, в городах Видземе, Курземе и Земгале и в городах Латгале. Рига перед остальными городами имела значительные преимущества. В Риге концентрировалась большая часть промышленности и торговли республики, там находились главные государственные учреждения. Поэтому в Риге был лучший отбор застройщиков. В Риге работали и более опытные мастера. Кроме того, только в Риге застройщики могли постоянно пользоваться советами архитекторов. Поэтому малые дома, построенные в Риге, стали образцами и для других городов.

Жилищное строительство в Риге начинает развиваться после 1927 г. и в новых условиях приступает к дальнейшему разрешению тех же задач, которые были уже намечены в период перед первой мировой войной. В течение 25 лет после начала организации района застройки Межа Паркс идеи о гигиенических преимуществах индивидуального дома получили широкое распространение. Новый автобусный вид городского транспорта и более доступные цены на строительные участки открыли возможности селиться в периферийных районах. Там развиваются новые типы многоквартирных и двухквартирных домов. Прототипом малого многоквартирного дома служит уже описанная небольшая дача на Ригас Юрмала. На планировку такого дома повлияли и трехкомнатные квартиры больших доходных домов. От дачи городской дом с трехкомнатной квартирой отличается несколько большими размерами комнат. Такой дом обычно имеет пристройку веранды, но вспомогательные помещения его включены в основной объем. В квартиру устроен всего один вход со стороны двора или со стороны прохода во двор. Веранда имеет непосредственную связь с жилой частью сада. Следует отметить интерес застройщиков к целесообразной ориентации помещений по странам света и свободное расположение дома на строительном участке, иногда с значительными отступами от красных линий.

В двадцатых годах XX века индивидуальные дома периферийных районов Риги строились с такими же высокими крышами как дачи на Ригас Юрмала, но в послевоенный период основным кровельным материалом становится оцинкованная жель, и наиболее экономичной считается пологая четырехскатная крыша. Она очень быстро распространяется в жилищ-

ном строительстве гор. Риги. Так создается новая весьма типичная объемная форма малого жилого дома с его пологой четырехскатной крышей. В тридцатых годах этот новый рижский тип распространяется и в других городах.

Один из более обычных вариантов планировки трехкомнатного односемейного дома в периферийном районе показан на рис. № 28<sup>54</sup>). Варианты его отличаются планировкой подсобных помещений. Объемное решение такого дома видно на рис. № 29<sup>55</sup>). По той же планировочной схеме строились и одно-

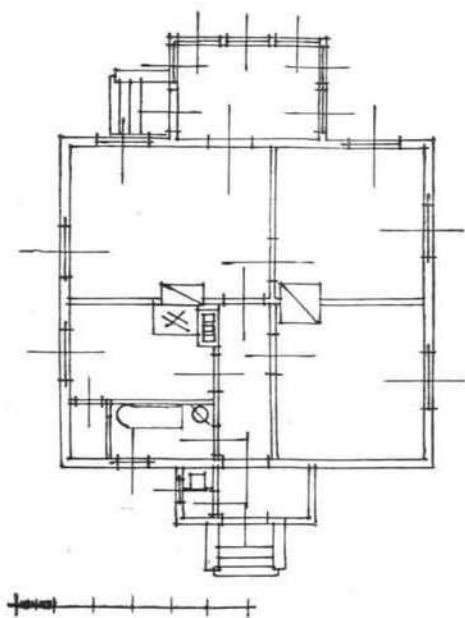


Рис. 28.

этажные одноквартирные дома с 4 комнатами, но число их сравнительно невелико.

Для строительства этого периода весьма характерны двухквартирные дома в двухэтажных зданиях. В первые годы и такие дома строились с высокими крышами, вторая квартира устраивалась в мансарде. Планировка и объем такого дома были весьма похожи на небольшие дачи на Ригас Юрмала в периоде до первой мировой войны. Потом планировка и объемное решение этих домов меняются. Строительная практика доказывает, что дома в полтора этажа не имеют экономических преимуществ, а в мансардах полу-

чается менее удобная планировка квартиры. От домов в полтора этажа застройщики отказываются и строят дома в два этажа с пологой четырехскатной крышей.

В двухквартирных домах этого периода устроены как двухкомнатные, так и трехкомнатные квартиры. На рис. № 30<sup>56</sup>) показан план дома с двухкомнатными квартирами и теплой лестничной клеткой, позволяющей использовать дом и для одной семьи. На втором этаже над верандой устроен балкон. В двухквартирных двухэтажных домах чаще всего устроены трехкомнатные квартиры. Такие дома имеют две основные планировочные схемы, которые отличаются расположением в пла-

не лестничной клетки. Лестница устраивается или посередине дворового пролета, или в одном из его углов. Типичные планы таких домов показаны на рис. № 31<sup>57)</sup> и № 32<sup>58)</sup>. Общие виды



Рис. 29.

двухэтажных двухквартирных домов с трехкомнатными квартирами показаны на рис. № 33<sup>59)</sup> и на рис. № 34<sup>60)</sup>. Застройщик обычно пользуется квартирой первого этажа, которая имеет непосредственную связь с жилой частью сада. В строительстве этих двухквартирных домов заметно стремление достигнуть по возможности той же степени благоустройства, какую трехкомнатные квартиры имели в доходных домах. За-

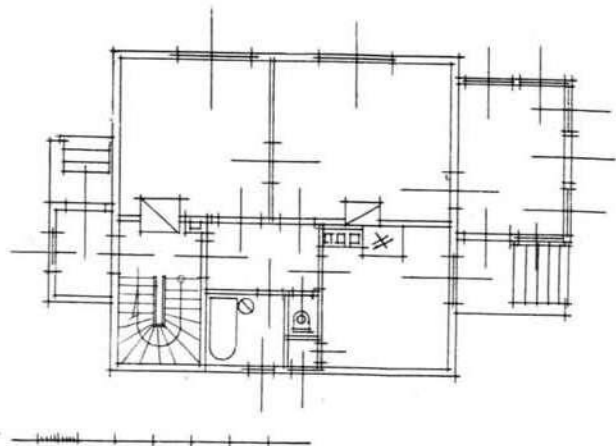


Рис. 30.

строители весьма часто для этих домов устраивают индивидуальные водопроводы и местную канализацию, чтобы устроить в доме ватерклозеты и ванны. В лучших периферийных райо-

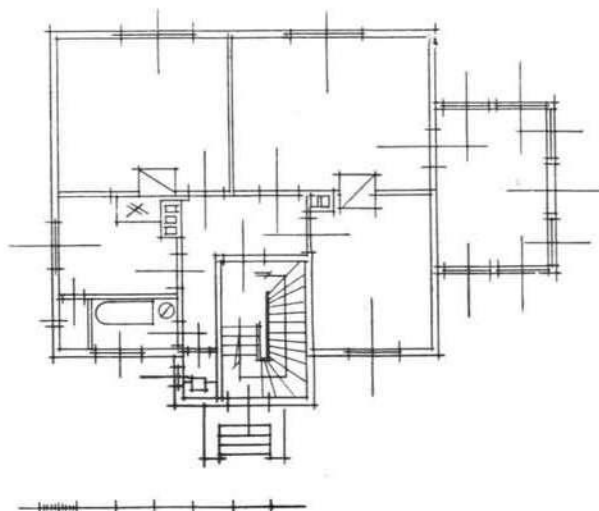


Рис. 31.

нах города, как, например, в Межа Парк, построены двухквартирные дома с четырехкомнатными квартирами. Планировочная схема остается той же, только на уличном фасаде увеличивается число оконных проемов.

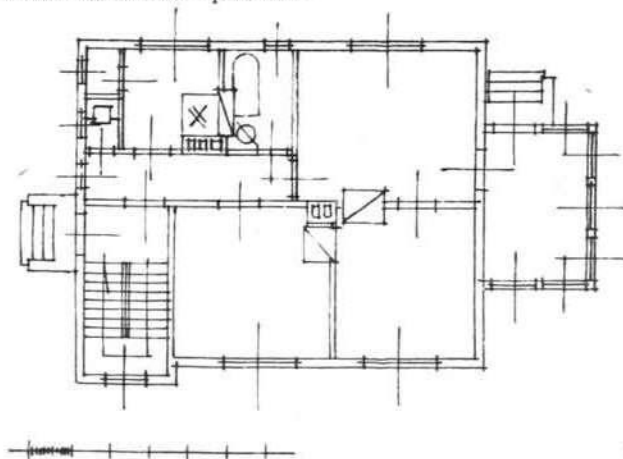


Рис. 32.



Кроме одноэтажных одноквартирных домов, в этот период построено и небольшое число двухэтажных одноквартирных домов с 5—7 комнатами. Планировка их в общем повторяет те



Рис. 33.

же схемы, по которым построены двухквартирные дома. Одноквартирные двухэтажные дома обычно имеют как водопровод и канализацию, так и центральное отопление. Объемное решение таких домов более индивидуально. Пример небольшого двухэтажного одноквартирного дома показан на рис. № 35 и № 36<sup>61</sup>). В двухэтажном одноквартирном доме верхний этаж используется под спальни, в нижнем этаже устраиваются кухня и столовая, которая служит и жилой комнатой, и одна или две гостиных. В двадцатых и тридцатых годах при одно-



Рис. 34.

квартирных домах Риги как наружное жилое помещение летнего периода развивается часть сада, которая посредством веранды соединяется с жилой комнатой.

Кроме многоквартирных и двухквартирных домов, в тридцатых годах XX века в периферийных районах Риги построено довольно много малых домов с 3 и 4 квартирами. Дома с 3 квартирами обычно имеют сложную планировку. В нижнем этаже такого дома для застройщика устроена квартира с че-

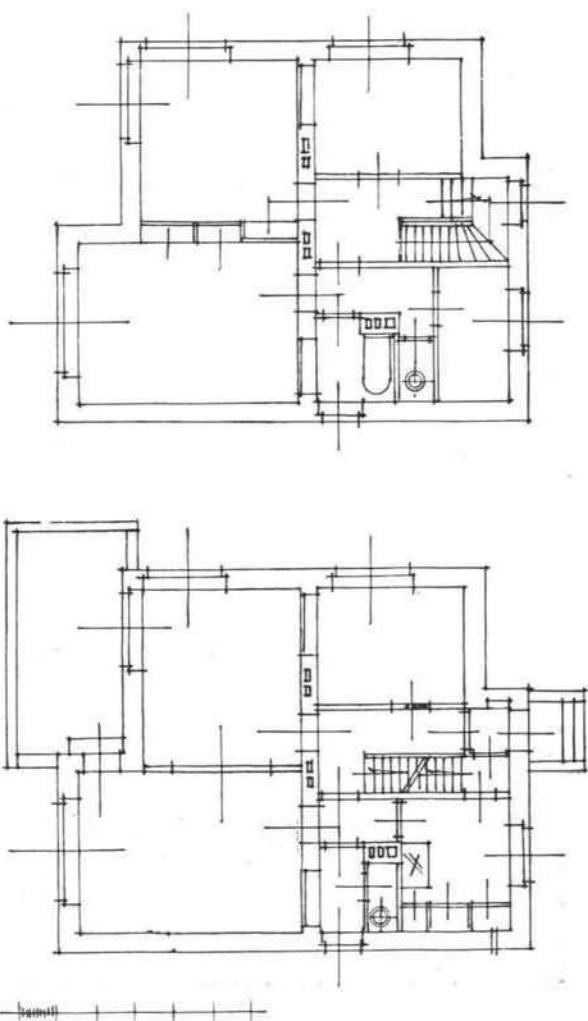


Рис. 35.

тырьмя комнатами, а верхний этаж использован для двух квартир. Более простой и логичной является планировка дома с 4 квартирами, где планы обеих этажей одинаковы и просто и ясно решаются санитарно-технические устройства. Планировочная схема таких домов одинакова с доходными домами начала XX столетия. В тридцатых годах меняется только состав квартир. Если в периферийных районах Риги в начале XX века устраивались только однокомнатные квартиры с упрощенным благоустройством, то в домах с 4 квартирами в середине XX в. чаще всего устроены квартиры из двух комнат. Такие квартиры имеют или ватерклозеты или внутренние уборные, а часто и



Рис. 36.

ванны. Помещения квартиры правильно ориентированы по странам света.

Как видно по приведенным примерам, характер планировки и объемного решения малых домов в двадцатых и тридцатых годах XX века довольно сильно отличается от примеров конца XIX века. Конструкции домов изменились меньше. Деревянные дома строятся, как и прежде, каркасного типа с заполнением из планок. Новые строительные правила разрешают в малых домах устройство одной деревянной лестницы. Радикально изменилась форма крыши. Высокие двускатные крыши сменились пологими четырехскатными крышами, покрытыми оцинкованной жстью. Вместо наружной обшивки новые деревянные дома оштукатурены. Это новшество не является достижением, так как наружная штукатурка у большинства домов быстро портится. В конце тридцатых годов вместо штукатурки применяется обшивка деревянных домов кирпичем. Внутрен-

няя отделка домов по сравнению с предыдущим периодом остается без существенных перемен. В общем повышается только ее качество. Значительно улучшается санитарно-техническое оборудование.

Архитектурные объемы домов имеют весьма простые формы, но отличаются хорошими пропорциями. Характерно, что дома не имеют декоративных деталей. Когда у застройщиков

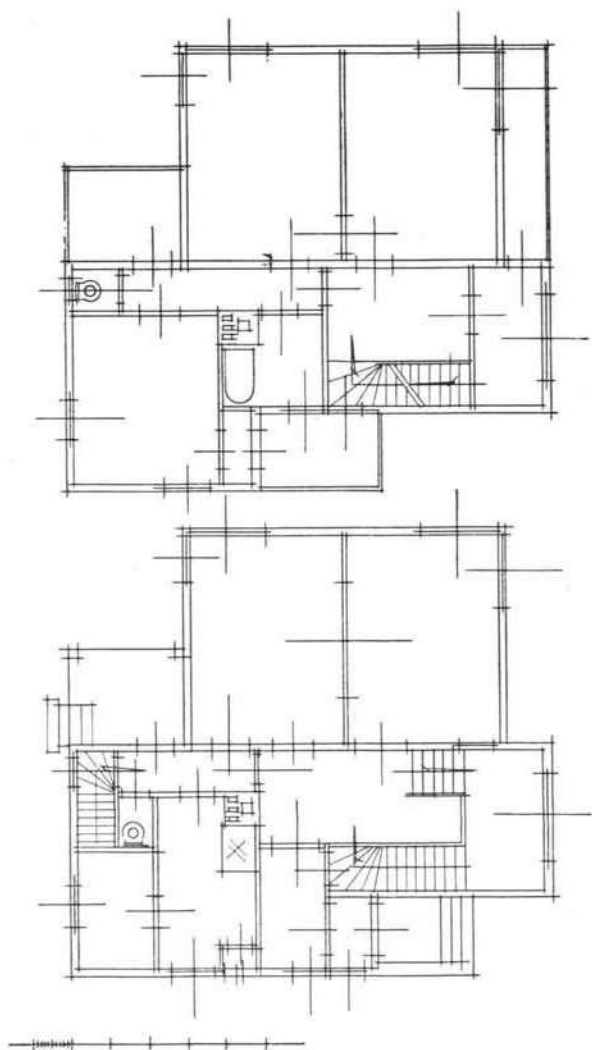


Рис. 37.

встречаются намерения использовать декоративные формы для обрамления входов, оформления наружных лестниц, то заметно, что для решения таких задач у строительных специалистов нет соответствующих навыков.

На общем фоне простых и спокойных архитектурных форм в жилых районах Риги выделяется небольшая часть новых домов, где ясно видно стремление к необычным формам. Это замечается уже в планировке. По существу простые планировочные схемы нарочно усложняются, чтобы получить сложный объем дома и играть или формами исторических стилей, или абстрактными объемами модернизма двадцатых годов XX века. Пример планировки такого деревянного дома показан на рис. № 37<sup>62</sup>). Основная планировочная схема его по существу

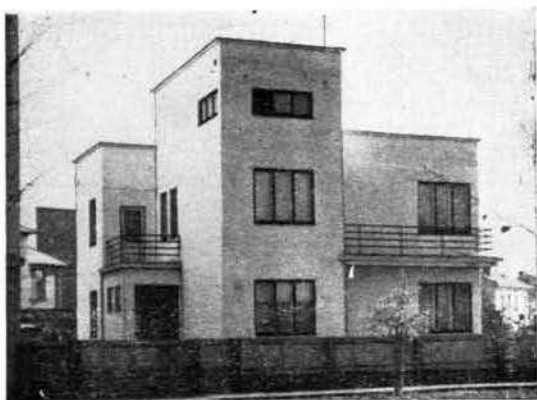


Рис. 38.

весьма проста, но она нарочно усложнена, чтобы получить объем, показанный на рис. № 38<sup>63</sup>). Кубические формы этого объема являются театральной декорацией, так как за ними скрыта пологая односкатная крыша из оцинкованной жести, видимая со двора. Общественная среда городов неоднородна. Как в жилой застройке имеются дома, формы которых резко отличаются от соседних домов, так же и в обществе имеются люди, жизнь которых гармонирует с театральными декорациями их жилища.

Типы малых домов, которые в двадцатых и тридцатых годах развиваются в Риге, распространяются и в других городах. Влияние Риги особенно заметно в городах Видземе — в Цесис и Валмиере. Так как в этих городах еще частично сохраняются высокие крыши, покрытые черепицей или щепою, то основ-

ным новым типом малого дома в Цесис является двухквартирный дом в полтора этажа. Типичный план такого дома показан на рис. № 39<sup>64</sup>). Объемное решение подобных домов видно по рис. № 40<sup>65</sup>). В городе Валмиере следует отметить распространение типа малого одноэтажного дома с мансардой без мезонина. Такой тип в двадцатых годах строился и в Риге, но

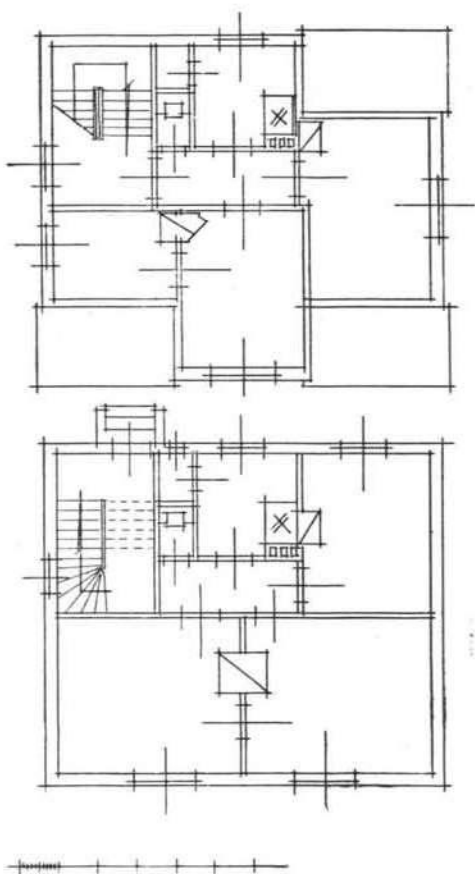


Рис. 39.

там застройщики от него быстро отказались и перешли на двухэтажные дома. Обычный для Валмиеры кровельный материал — черепица, повлиял на развитие малого дома с мансардой. Один из вариантов планировки такого дома показан на рис. № 41<sup>66</sup>), объемное решение — на рис. № 42<sup>67</sup>). К концу тридцатых годов в Валмиере распространяются пологие

крыши из оцинкованной жести, и новые малые дома приобретают те же формы, что и в Риге. Рижские типы домов к концу тридцатых годов можно встретить и в Латгале — в городах Балвы и Резекне.

В малых городах однако еще сохраняются и более старые строительные традиции, например, в Валмиере еще строятся малые доходные дома с внутренним поперечным коридором. Эти старые традиции еще очень крепко держатся в малых городах Курземе и Земгале, где застройщики не имеют возможности консультироваться у более опытных специалистов. Характерное плановое решение старого асимметричного типа дома с поперечным коридором из строительной практики первой половины XX в. в гор. Айзпите видно на рис. № 43<sup>68</sup>). В малых го-



Рис. 40.

родах Курземе и Земгале в это время еще наиболее распространенным типом является дом с средним поперечным коридором. Он строится как одноэтажный, так и в полтора и в два этажа. По каждую сторону коридора часто устраивается однокомнатная квартира без подсобных помещений, но с отдельным входом в комнату и кухню, характерный пример планового решения такого дома показан на рис. № 44<sup>69</sup>). В более крупных типах таких домов по каждую сторону коридора устраиваются или две однокомнатные квартиры с проходными кухнями, или по одной двухкомнатной квартире (рис. № 45<sup>70</sup>). Фасад дома имеет по каждую сторону дверей или одно, или 2—3 окна. Небольшой домик этого типа из гор. Айзпите показан на рис. № 46<sup>71</sup>), более крупный дом того же типа с центральным входом и двумя оконными проемами по каждую сторону дверей из гор. Салдус виден на рис. № 47<sup>72</sup>).

В двадцатых и тридцатых годах XX века в городах Курземе и Земгале часто строятся дома в полтора этажа. Малый тип дома с внутренним поперечным коридором с мансардами и мезонином в гор. Тукумс показан на рис. № 48<sup>73)</sup>, вид более крупного дома того же типа в гор. Салдус — на рис. № 49<sup>74)</sup>. Этого типа дома распространены не только в городах Курземе и Земгале, но и в городах Видземе. Кроме одноэтажных и домов в полтора этажа, с таким же планом в городах Земгале

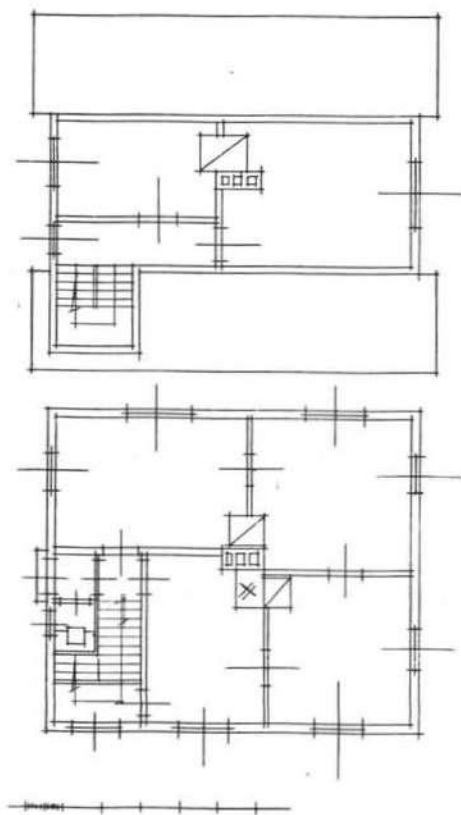


Рис. 41.

строятся и двухэтажные дома. Застройщики в тридцатых годах XX в. в городах Курземе и Земгале пользуются этими старыми планировочными схемами, но они чувствуют их недостатки и ищут новых решений. Так как им недостает совета опытных специалистов, то эти искания весьма часто дают малоценные решения планов и объемов. Конструкции и внутреннее оборуду-



дование малых домов в Видземе, Курземе и Земгале в общем напоминают дома Риги в конце XIX столетия.

От остальных городов Латвии сильно отличается жилая застройка городов Латгале. В рукописях И. К. Броце имеются зарисовки города Лудза в конце XVIII века. На одном из этих рисунков у подножья холма с руинами старого замка и возле него построенным костелом виднеется ряд маленьких деревянных избышек, крытых шепой, в центре их стоит один дом покрупнее с четырёхскатной крышей и асимметрично устроенной дымовой трубой<sup>75</sup>). Более ясно показана застройка города Лудза на другом рисунке<sup>76</sup>). Там зарисован центр города с различными специальными зданиями, жилые дома заднего плана показаны схематично. Только на правом углу выделяется небольшой



Рис. 42.

одноэтажный дом, внешний вид которого напоминает тип крестьянского двухраздельного дома в Латгале.

Жилая застройка периферийных районов в городах Латгале — в Даугавпилс, Резекне во второй половине XIX и в начале XX вв. состоит из однопролетных домов с одной или двумя квартирами. Вместо однокамерных квартир, устроенных в подобных крестьянских домах, в городских домах однопролетный объем легкими перегородками делится на два—три помещения. Со стороны двора дом имеет легкую дощатую пристройку тамбура-передней. Вход в квартиру организуется через кухню. В кухне имеется большая русская печь, рядом с нею часто устроена уже плита. Отдельные комнаты, которые непосредственно не примыкают к отопительному центру, обычно оборудованы круглыми кирпичными печами в железном кожухе. Одноквартирные дома в городах Латгале часто выходят

торцом на улицу. Уличный фасад таких домов имеет два окна. Наряду с торцевым расположением домов в первой половине XX в. распространено и расположение домов параллельно улице. Двухквартирные дома, как правило, своей длиной осью ставятся параллельно улице.

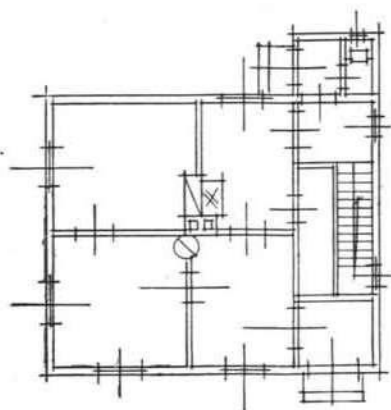
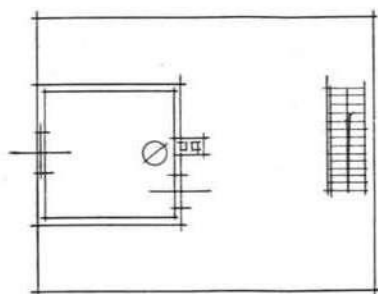


Рис. 43.

Малые дома городов Латгале рубленые, лучшие дома имеют дощатую обшивку. Крыши домов двускатные и покрыты щепой. В обшивке домов проявляется интерес к декоративным формам. Направление досок обшивки в разных частях архитектурного объема меняется, что несколько оживляет его поверхность. Иногда декоративную обработку получают наличники и причелины домов. Орнаментика этих декоративных элементов осуществлена пилою и коловоротом и имеет много аналогий с подобными же примерами конца XIX в. и в других городах республики.

В первой половине XX в. в городах Латгале сохраняются прежние планировочные и строительные традиции, только деление однокамерной квартиры на несколько помещений стано-

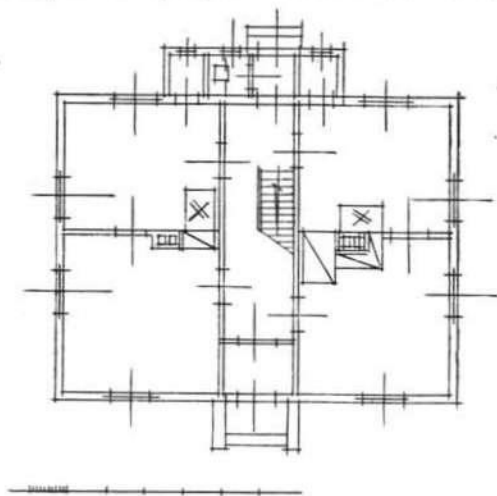


Рис. 44.

вится общим правилом. Вход в жилые помещения квартиры все еще осуществляется через кухню. Типичный план малого многоквартирного дома из гор. Резекне показан на рис. № 50 <sup>77</sup>). Общий вид другого варианта такого дома в гор. Резекне виден на рис. № 51 <sup>78</sup>). Проходная кухня населением ощущается как

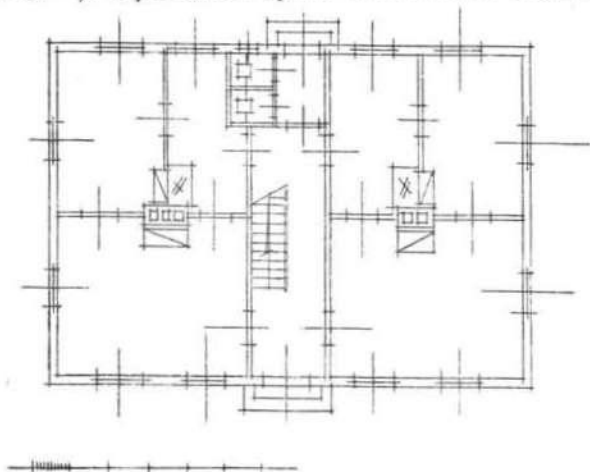


Рис. 45.

большой недостаток планировки. Поэтому в лучших новых домах со двора устраивают коридор. Наряду с вариантами с коридором на стороне двора, встречаются также решения, где



Рис. 46.

коридор устроен со стороны улицы и ведет в гостиную. У парадного входа иногда строится крыльцо или маленькая застекленная веранда. Пример такой планировки более крупного одноквартирного дома в гор. Резекне показан на рис. № 52<sup>79</sup>), а уличный фасад такого дома — на рис. № 53<sup>80</sup>).

В городах Латгале построено мало домов в полтора этажа или в два этажа. Планировка таких домов еще не имеет установившихся типов. Если застройщик в Латгале желает расширить свой дом, то он ставит рядом с



Рис. 47.

существующим новый сруб и устраивает двухквартирный спаренный дом с общей дощатой пристройкой сени. Малые дома городов Латгале от домов других областей



Рис. 48.

сильно отличаются своей однопролетной конструкцией и соответственно и своими объемами. В первой половине XX в. в застройке городов Латгале начинают распространяться рижские типы малых домов, в том числе и двухэтажные дома с четырехскатными пологими крышами, крытыми оцинкованной жстью.

Новый период в развитии малого дома в Латвии начинается в 1940 г. с образованием Латвийской ССР. От аграрного придатка капиталистических стран, каким Латвия была в период буржуазной республики, при Советской власти она



Рис. 49.

развивается в социалистическое государство с крупной промышленностью и высоко развитым сельским хозяйством. Земля и главные жилищные фонды городов становятся государственной собственностью, малые дома с 1—2 квартирами оста-

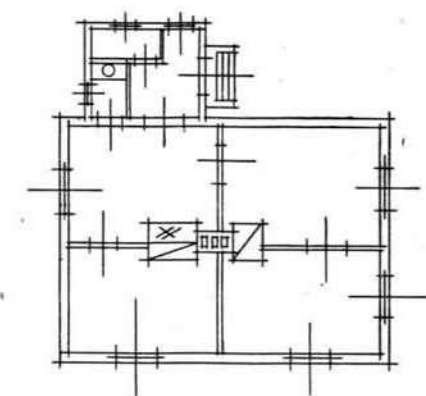


Рис. 50.

ются личной собственностью застройщиков. Жилищное строительство в городах организуется как особая отрасль социалистического хозяйства. Наряду с нею с помощью государства развивается и индивидуальное жилищное строительство рабочих и служащих. Освобожденная от оков капитализма, с братской помощью старших республик Латвийская ССР уверенно вступает на путь развития социалистического хозяйства. Эту творческую работу в 1941 г. прервали вероломное нападение немецких захватчиков и годы немецкой оккупации.



Рис. 51.

После освобождения от немецких захватчиков в 1944—45 гг. Латвийская ССР энергично приступает к восстановлению раз-

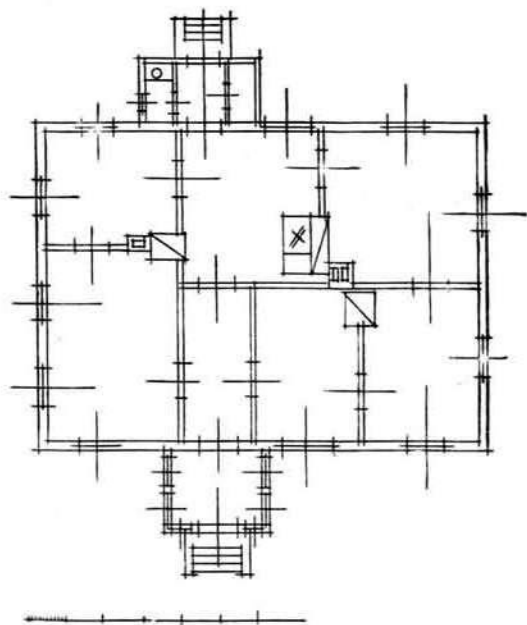


Рис. 52.

рушенного войною хозяйства, в том числе и к восстановлению жилищных фондов городов. Малые дома в городах Советской Латвии строятся как различными учреждениями для своих



Рис. 53.

рабочих и служащих, так и индивидуальными застройщиками. СНК СССР еще в 1944 г. принял особое постановление о восстановлении и усилении индивидуального жилищного строительства в городах и рабочих поселках СССР. Этим постановлением индивидуальным застройщикам открывается государственный кредит, они обеспечиваются благоустроен-

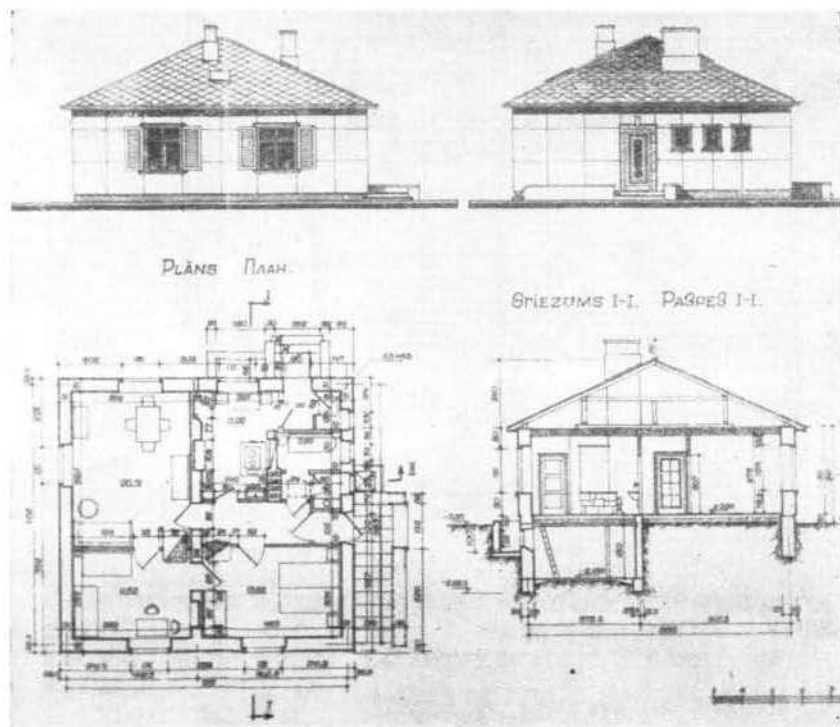


Рис. 54.

ными строительными участками, строительными материалами, транспортом, технической консультацией. Управление по делам архитектуры Латвийской ССР для индивидуальных застройщиков разрабатывает серию типовых проектов<sup>81)</sup>. Эти проекты стараются использовать прогрессивные элементы архитектуры малого дома предыдущих периодов и развить их дальше на базе огромного опыта других республик. Первая серия типовых проектов состоит из одноквартирных домов с квартирами из 2-х, 3-х и 4-х комнат. Дома имеют компактные планы, простые архитектурные объемы с четырехскат-



ными этернитовыми крышами. Планировка подобных домов капиталистического периода часто была схематична, и дома не имели полного набора вспомогательных помещений. В новых типовых проектах устранены эти недостатки. Для застройщиков Латвийской ССР особенно ценен тип одноквартирного дома с квартирой из 3-х комнат (рис. № 54). Квартира в таком доме имеет комнаты в 20,5, 13,6 и 11,6 кв. м, кухню — в 8,9 кв. м, теплую и удобную ванную, такую же уборную и просторный погреб. Проект в общем является ценным предложением для нового строительства. Застройщики его несколько упрощают, например, отказываются от особого хозяйственного входа.



Рис. 55.

Индивидуальное строительство в Латвийской ССР начинает развиваться в четвертой пятилетке. Индивидуальные дома в Риге строятся из кирпича, силикатного кирпича и шлакобетона. В городской застройке новые дома выделяются своими четырехскатными этернитовыми крышами. Пример решения архитектурного объема нового индивидуального дома в г. Риге показан на рис. № 55<sup>82</sup>). Застройщики еще не успели привести в полный порядок свой придомный участок, в некоторых случаях также еще не закончены работы по благоустройству улиц. Вид новых индивидуальных домов будет более интересным и жизне-радостным на фоне зелени садов, отделенных от благоустроенного уличного пространства односторонними заборами.

В Латгале индивидуальное строительство развивается на основании местных традиций. Индивидуальные застройщики закупают в сельских местностях готовые срубы и из них строят свои городские дома. Глубина таких домов обычно 6,0—6,5 м, длина 8,0—10,0 м. Срубы сельских домов имеют меньшую длину, и в городах бревна продольных стен сращиваются. Пла-

пировочные схемы новых домов в городах Латгале приближаются к типам малых домов Риги. В основном корпусе рубленого дома устраивается трехкомнатная квартира с передней в виде внутреннего коридора, из которого имеется доступ в две комнаты и кухню. Дом располагается своей длинной стороной вдоль улицы и во дворе к дому пристраивается тамбур с кладовой и уборной. Типичный план такого дома из города Резекне показан на рис. № 56<sup>83</sup>). На уличном фасаде дом имеет два трехстворчатых окна. В других вариантах такого же пла-

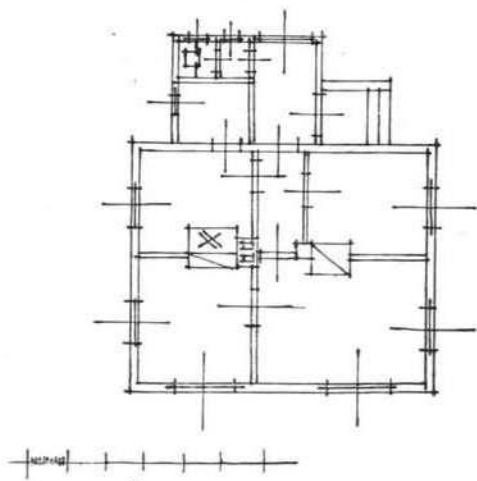


Рис. 56.

нового решения уличный фасад имеет три двустворчатых окна, из которых два устроены в гостиной. Индивидуальные дома в Латгале имеют высокую двускатную крышу, покрытую щепой, часто и дощатую наружную обшивку. Если крестьянские дома имели богатой формы наличники, то они переносятся и на городской дом. Малые дома городов Латгале своими небольшими размерами хорошо размещаются на строительных участках размером в 600 кв. м и создают необходимые предпосылки для хорошего решения уличного и дворового пространства. Пример объемного решения новых индивидуальных домов в городе Резекне показан на рис. № 57<sup>84</sup>).

Индивидуальное строительство в различных городах республики осуществляет весьма часто одну и ту же строительную программу трехкомнатной квартиры с непроходными комнатами. Из подсобных помещений в городах Латгале квартира получает в пристройке тамбура кладовую и уборную, в Риге

застройщики стараются устроить в доме ванную. Во всех районах Латвийской ССР в кухнях распространяются плиты с отопительными щитками и в комнатах — кафельные печи. В Лат-



Рис. 57

гале еще сохраняются более простые конструкции окон с форточками. Архитектурный объем дома, в зависимости от строительных материалов и местных строительных традиций, в отдельных районах имеет свои особенности, причем довольно сильно отличаются объемы однопролетных домов с двускатными крышами в Латгале от почти квадратных двухпролетных домов с четырехскатными крышами в Риге.

Строительство малых домов различными учреждениями развивается в восстановительную пятилетку. Особенно следует от-

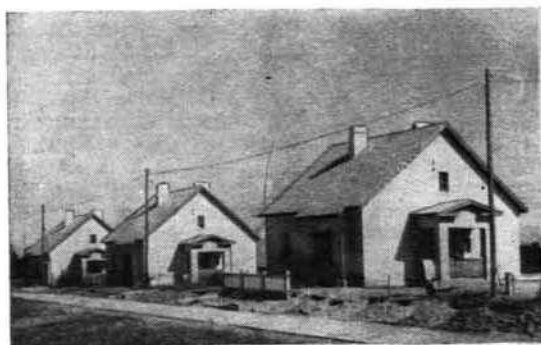


Рис 58.

метить застройки рабочего поселка в Броцены (рис. № 58<sup>85</sup>). Много малых домов построено Управлением Латвийской железной дороги. Малые дома учреждений строятся по общесоюзным типовым проектам, иногда несколько видоизмененными в местных проектных организациях.

## ПРИМЕЧАНИЯ

**Сокращения:** ЦГА — Центральный Государственный архив ЛССР, ТАГАР — Технический архив при Управлении главного архитектора Риги, АГР — Архив геослужбы при Управлении главного архитектора Риги, БТУР — Бюро технического учета при Рижском Горисполкоме, ЦГИМ — Центральный Государственный Исторический музей, ИОПА — Инспекция охраны памятников архитектуры Латвийской ССР, РГИМ — Рижский Государственный Исторический музей, АОЛГУ — Архитектурное отделение Латвийского Государственного университета. 1) N. Mollin. *Vera delineatio celeberrimae civitatis Rigensis Liuvoniae metropolis*. 1612. Гравюра, Уникум РГИМ. 2) T. Krause. *Scheinbarliche Designation der Fürstlichen Residenz — Stadt Mihtav 1652*. План города и окрестностей с аксонометрическим изображением застройки. ЦГИМ. 3) Альбом Мейерберга. *Виды и бытовые картины России XVII века*. Изд. А. С. Суворина, 1903. 4) Деталь гравюры, фото ИОПА. 5) Деталь копии из труда J. Juškevičs. *Hercoga Jēkaba laikmets Kurzemē. Rīgā, 1932.*, 554. lpp. 6) Brotze. *Monumente — J. Ch. Brotze. Sammlung verschiedener Liefländischer Monumente, Prospecte, Wapen, I—X Theile, geendigt 1818.* (Рукопись, Фундам. библиотека АН ЛССР) III — 7. 7) J. Straubergs. *Vecā Rīga. Rīgā, 1951.*, 89. lpp. 8) Ch. Bornmann. *Mitau, Ein historisches Gedicht aus dem siebzehnten Jahrhundert. Erste Ausg. — Mitau, 1686; Neue Ausg. — Mitau, 1802.* S. 27. 9) *Charte der Land-Vogtey und «Übersetzer» Länder, 1788.* АГР. Деталь. 10) Планы в АГР: № А 24, 1635 г.; № А 13, 1690 г.; № А 20, 1694 г.; № А 25, 1695 г.; № А 42, 1717 г. и др. 11) *Schlabodtschen auff Lepingskalln. Abriss über den Lepingschen Gründen zu Strugsragge, 1693.* АГР № А 19. Деталь. 12) *Kiepenholm sonsten auff Lettisch vor alters Schaggersal genant, 1694.* АГР № А 20. Деталь. 13) Brotze. *Monumente, VI—67* (Ein Prospect auf den an Podderaggschen Damm gelegenen Kiepenholm jenseit der Düna unterhalb Riga 1795). 14) Brotze. *Monumente, VIII—27* (Ein Theil des unterhalb Riga gelegenen Paggasts Ilgezeem, Bey Riga liegen verschiedene der Stadt gehörige Paggaste oder Dörfer welche von freien Letten, als Mastenwrackern, Übersetzern, Fischern bewohnt sind). 15) H. Pirang. *Das Baltische Herrenhaus, II T. Riga, 1928.* S. 14. 16) Brotze. *Monumente, VII—32* (Eine Gegend bei Riga jenseit der Düna 1796). 17) O. v. Huhn. *Topographisch-Statistische Beiträge. Die Kreisstadt Wolmar im Rigaschen Kreise des Livländischen Gouvernements, 1821.* Рукопись. ЦГА, № 208, стр. 18, 19. 18) Brotze. *Monumente, VIII—155* (Die Südseite der Stadt Wolmar 1799). 19) Brotze. *Monumente, V—6.* (Prospect der Kreisstadt Wenden, Anno 1793). 20) Brotze. *Monumente, VII—38* (Das Armenhaus der Stadt Wenden). 21) Brotze. *Monumente, VII—115.* 22) Bērzkalns. IV — P. Bērzkalns. *Atsevišķas nodaļas no Latvijas PSR māzēku vēstures. Rokraksts. Rīgā, 1952.* 306. lpp. 23) Bērzkalns IV, 302. lpp. 24) Bērzkalns III — P. Bērzkalns. *Māzēku iekārtā Latvijas PSR pilsetās pēc I pasaules kara. Rokraksts. Rīgā, 1950.* 165. un 189. lpp. 25) J. G. Kohl. *Die deutsch-russischen Ostseeprovinzen oder Natur und Völkerleben in Kur-, Liv- und Estland, I und II Teil Dresden und Leipzig, 1841.* II, S. 7, 53, 140. 26) H. Pirang. *Op. cit.* II Teil, S. 1, 42—43. 27) Собрание фасадов Его Им-

ператорским Величеством Высочайше одобренных для частных строений Российской Империи. СПб. Части I—II — 1809, части III—IV — 1812. 28) Устав о производстве строений в городе Риге и его форштатах. Рига. 1819, стр. 7, 9, 29) И. Грабарь. История русского искусства. Том III, стр. 518—519. 30) L. Plauciņš. Celtniecība ar paaugļasādām klasicisma laikmetā Rīgā. Рукопись в Институте архитектуры и строительства АН ЛССР. 31) Устав о производстве строений в г. Риге, стр. 41. 32) O. v. Huhn. Topographisch-statistische Beiträge der Kreisstadt Jacobstadt in Curland. 1821. Рукопись, ЦГА. Под рисунком дата: «d. 17 Juni 1825». На углу экспликация; а) teutsche Kirche, б) Schulhaus, в) Basilianer Kloster und Kirche, д) Kreis Rentey, е) Russ. Kloster und Kirche, ф) Nikolai Kirche, г) Huhnsche Garten. 33) Образцовые уличные фасады, заборы и ворота упоминаются еще в Строительной Инструкции для города Риги, изданной в 1867 г., стр. 43. 34) ТАГАР, Гр. 45, № 6, 1870 г. 35) ТАГАР, Гр. 58 № 99. 1872 г. 36) Н. Mehibart. Der Wohnbau. Riga und seine Bauten. Riga, 1903. S. 273; Bērzkalns I — P. Bērzkalns. Dzīvokļu būvniecība Rīgā 1913. g. Rīgā, 1940. 399. lpp. 37) ТАГАР, Гр. 55 № 37, 1882 г. 38) ТАГАР, Гр. 58 № 11, 1870 г. 39) ТАГАР, Гр. 55 № 103, 1896 г. 40) Bērzkalns III, 165. lpp. 41) Bērzkalns I, 385., 439.—444. lpp. 42) ТАГАР, Гр. 76 № 124, 1913 г. 43) Bērzkalns I, 405. lpp. 44) Bērzkalns I, 410. lpp. 45) Bērzkalns I, 413. lpp. 46) Bērzkalns I, 401.—403., 406.—407., 410. lpp. 47) Н. Pirang. Alt-Rigasche Hütchen. Jahrbuch für Bildende Kunst in den Ostseeprovinzen. Riga, 1912. 48) P. Belte. Rīgas Jūrmalas, Slokas un Ķemeru pilsētas ar apkārtni. Vesturisks apskats. Rīgas Jūrmalā, 1935., 116. zīm. 49) БТУР. Асари, ул. Матилдас, постр. около 1910 г. 50) Асари, ул. Олгас. Фото автора. 51) БТУР. Асари, ул. Эйженияс, постр. около 1908 г. 52) E. Kupffer. Die Villenkolonie Kaiserwald bei Riga. Bildende Kunst in den Ostseeprovinzen. Riga, 1908, S. 122—130; А. К. Енш. Города-сады. СПб, 1910. 53) Т. Rušiņš un A. Krūmiņš. Norādījumi mazāku būvētājiem pilsētās un ciemos. Rīgā, 1938.; Latvijas arhitektu biedrība. Rokas grāmata mazāku būvētājiem. Rīgā 1933. 54) Bērzkalns III, 89. lpp. 55) АОЛГУ, VF 121. 56) Bērzkalns III, 82. lpp. 57) Bērzkalns III, 82 lpp. 58) Bērzkalns II — P. Bērzkalns. Rīgas pilsētas pēckara laikmeta (1920.—1940.) apbūves rajons pie Vidzemes gatves. Rīgā, 1943. (Диссерт. Библиотека ЛГУ), II—83. 59) Фото автора. 60) Bērzkalns III, 89. lpp. 61) Bērzkalns III, 86. lpp. Фото автора. 62) Bērzkalns III, 85. lpp. 63) Фото автора. 64) АОЛГУ, С 30. 65) АОЛГУ, С 25 CF 47. 66) АОЛГУ, V 14. 67) АОЛГУ, VF 42. 68) АОЛГУ, А 40. 69) АОЛГУ, В 40. 70) АОЛГУ, В 8. 71) АОЛГУ, AF 65. 72) АОЛГУ, S 42 SF 213. 73) АОЛГУ, T 71 TF 221. 74) АОЛГУ, S 57 SF 309. 75) Brotze. Monumente, VII—153 (Das Schloss Ludzen. 1797). 76) Brotze. Monumente, VIII—102 (Ein Theil der Kreisstadt Ludzen im polnischen Liefland. 1797). 77) АОЛГУ, R 14. 78) АОЛГУ, R 7 RF 9. 79) АОЛГУ, R 16. 80) АОЛГУ, R 16 RF 35. 81) Architektūras pārvalde pie Latvijas PSR Ministru Padomes. Individuālo dzīvojamā ēku tipu projekti. Rīgā, 1946. 82) Фото автора. 83) Архив Главного архитектора г. Резекне, ул. Упес. 84) Фото автора. 85) Из архива Союза архитекторов ЛССР.

A. ANTEINS,  
*vec. pasniedzējs*

## PAR MELNĀ METALA IEGŪŠANU UN APSTRĀDĀŠANU SENAJĀ LATVIJĀ

### Ievads

Lai iegūtu pārskatu par melnā metala iegūšanas un apstrādāšanas tehnikas attīstību mūsu republikas teritorijā, autors ir iesācis sakopot un pārbaudīt literatūrā izkaisītās nelielās piezīmes par melno metālu senajā Latvijā (līdz XIII g. s.). Bez tam autors kopā ar vec. laborantu J. Roībaumu iesācis metalogrāfiski pētīt dažādus senus izstrādājumus, kas iegūti vai nu patlaban izdarītos izrakumos, vai atrodas kādā muzejā. Atsevišķos gadījumos tika izdarītas spektrālas vai ķīmiskas analīzes. Pētījumi nav vēl pilnīgi nobeigti, jo jāapskata vēl virkne izstrādājumu. Tomēr jau esošais sakopotais materiāls ļauj labi raksturot tā laika melnā metala iegūšanas un apstrādāšanas tehnikas līmeni.

### 1. §. Melnā metala iegūšanas un apstrādāšanas sākums

Pirmie melnā metala (dzelzs) izstrādājumi senajā Latvijā parādījās apmēram 500 gadu pirms mūsu eras. Tad dzelzs bija ļoti maz un dārga, tādēļ to izlietoja tikai sīku priekšmetu izgatavošanai. No dzelzs izgatavoja galvenokārt greznuma lietas, kā, piemēram, aproces, saspraužamās adatas un tml. Šo priekšmetu mazie izmēri un lielie korozijas bojājumi neatļauj pagaidām ar Metālu tehnoloģijas katedras rīcībā esošajiem aparātiem un līdzekļiem noteikt metāla strukturu un mehāniskās īpašības.

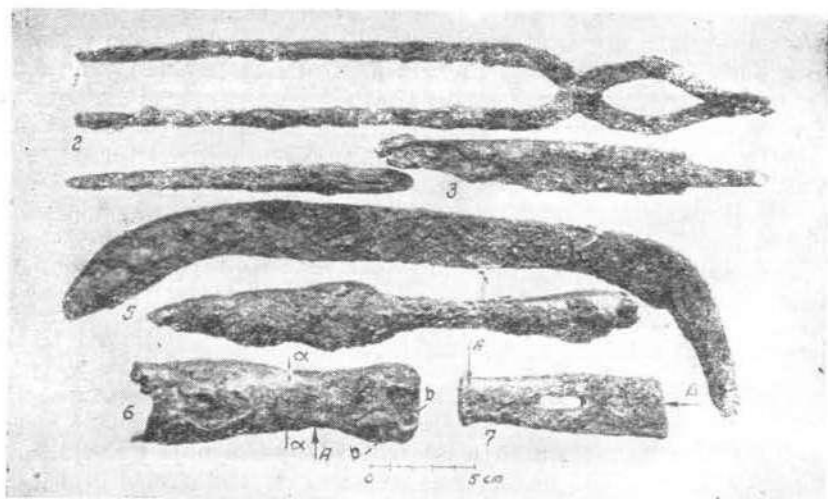
Plašākos apmēros dzelzi sāka lietot mūsu eras sākumā. Tā kļūst par neaizstājamu materiālu dažādās dzīves nozarēs. Izstrādājumi jau lielāki un dažādāki. No dzelzs gatavo jau dažādus cirvjus, nažus, šķēpu un bultu smailes, zirglietas un tml. Ar mūsu eras sākumu dzelzs pilnīgi aizstāja akmens darba rīkus, kā arī

izspieda jau tā retos bronzas darba rīkus. Bronzu turpmāk izlietoja galvenokārt rotas lietu izgatavošanai.

Šie pirmie 500 gadi uzskatāmi kā sagatavošanas laiks, kad iemācījās dzelzi apstrādāt un arī to iegūt no vietējās purvu rūdas. Dzelzi apstrādāt sāka atsevišķi cilvēki — kalēji, kas bija apguvuši metala iegūšanas un apstrādāšanas tehniku. Viņi deva izstrādājumus skaidri atšķiramā, vietējā īpatnējā izveidojumā. Labā apdare un metala īpašības liecina, ka kalēji uzkrāja ilgajā darbā iegūto pieredzi.

## 2. §. Mazkatužu kalēja kapa apbēdījuma inventars

Liepājas rajona Mazkatužu kalēja kapa apbēdījuma inventars (veseris, uzmavas cirvis, kalēja kņabiles, cirtnis, nazis, izkopts, šķēpa smaile u. c.), kas pieder mūsu eras II—IV g. s. un, domā-



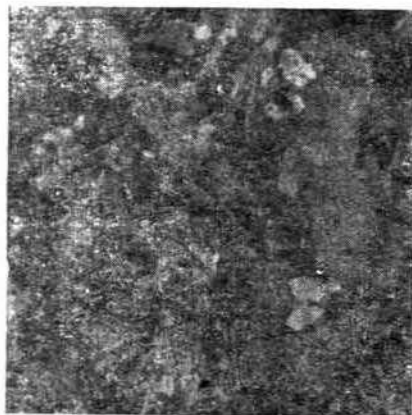
1. att. Raksturīgākie Mazkatužu kapa Nr. 19 priekšmeti: 1 — kalēju kņabiles, 2 — kalts, 3 — nazis, 4 — izkopts, 5 — šķēpu smaile, 6 — uzmavas cirvis un 7 — veseris.

jams bija kalēja personiskais īpašums (1. att.), skaidri liecina, ka jau tajā laikā radušies atsevišķi melnā metala apstrādes meistari.

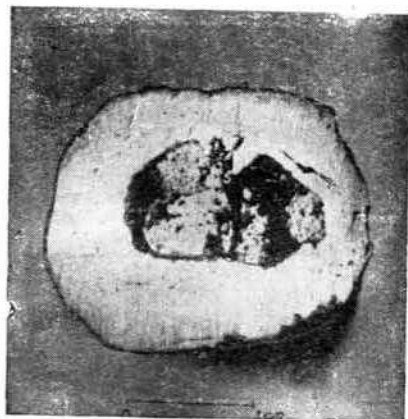
No šī Mazkatužu kapa inventara apskatīsim tuvāk četrus priekšmetus: veseri, uzmavas cirvi, kalēja kņabiles un kalts.

Vesera konfigurācija ļoti līdzīga tagadējam atslēdznieka veserim. Tā svars ir ap 175 g. Kāta caurums izkalts un ir nedaudz

ovals. Lai veseris būtu stabilāks, turot to aiz kāta, jau tad bija ievērots noteikums, ka vesera smaguma centram jābūt zem cauruma centra ass. Vesera virsmu ļoti bojājusi korozija. Pētījamās vietas A un B (1. att. — 7) tika noslīpētas un nopolētas līdz metaliskam spožumam. Šo vietu spektrālā analīze uzrādīja, ka silīcija, mangana, sēra un fosfora daudzumi nepārsniedz to daudzumu, kas ir mūsdienu armko dzelzī.<sup>1</sup> Metalogrāfiskā analīze uzrādīja, ka vesera pamatdaļa sastāv no sīkgraudaina ferīta (graudu numurs 6—7) ar mikrociētību 188 un nedaudziem līdz 100 $\mu$  gariem sārņu ieslēgumiem. Vesera abi gali cementēti, tad rūdīti un atlaidināti. Šādi nocietinātā virsdaļā varēja redzēt at-



2. att. Vesera (1. att. — 7) vietas B mikrostruktūra. Martensīts. Pal. 100 $\times$ .



3. att. Uzmavas cirvja (1. att. — 6) griezuma a-a makrostruktūra.

laidinātu martensītu (2. att.) ar mikrociētību 570, troostītu un sorbitu.

Vesera pamatdaļas struktūra liecina, ka tas izkalts no dzelzs krīca<sup>2</sup> un, lai palielinātu vesera lietošanas ilgumu, kā arī iedarbības spēju, tā abi gali lielākas cietības iegūšanai ir ķīmiski termiski apstrādāti.

Uzmavas cirvis korozijas stiprāk bojāts nekā veseris, sevišķi kāta daļā. Raksturīga griezuma a-a (1. att. — 6) makrostruktūra (3. att.). Lai ietaupītu tīru metālu, bet saglabātu cirvim lielāku svaru, tā vidusdaļā ievietoti trīs ļoti mazvērtīgi sārņaini ga-

<sup>1</sup> Armko dzelzs riemaisījumu ķīmiskais sastāvs šāds (procentos): C — 0,025; Mn — 0,035; Si — 0,030; P — 0,015; S — 0,025.

<sup>2</sup> Krīcs ir mazgriezuma dzelzs gabals ar porainu uzbūvi. Satur nelielu daudzumu Si, Mn, S, P un sārņu ieslēgumus. Struktūra sastāv galvenokārt no ferīta.



balī, apkaļot tiem apkārt tīru metālu, un visu sametinot kopā vienā gabalā. Tā ieguva ražojumu, kas izmaksāja relatīvi lētāk, nekā izgatavojot visā šķērsgriezumā no tīra krica metāla. Cīrvja asmens virsotne korozijas dēļ stipri apdrupusi, tādēļ griezuma b-b (1. att. — 6) mikrostruktūra nedod iespēju pilnīgi spriest par tās izgatavošanas tehnoloģisko shēmu. Taču tā dod iespēju secināt, ka cīrvja asmens virsotne ir rūdīta un atlaidināta. Tā 4. attēlā redzams šī griezuma termiskajā apstrādē iegūtais sorbits ar ferītu un 5. attēlā pēc atkvēlināšanas pie 920° tās pašas vietas ferīts un perlīts. Struktūra ir ar šķiedrainu uzbūvi. Oglekļa dau-



4. att. Uzmavas cīrvja (1. att. — 6) griezuma b-b mikrostruktūra. Pal. 100×



5. att. Uzmavas cīrvja (1. att. — 6) griezuma b-b mikrostruktūra pēc atkvēlināšanas. Pal. 100×

dzums 0—0,2%. Sārņu ieslēgumi sasniedz līdz 600  $\mu$  lielu garumu. Brinela cietība  $H_B$  vietā A (1. att. — 6) ir 126.

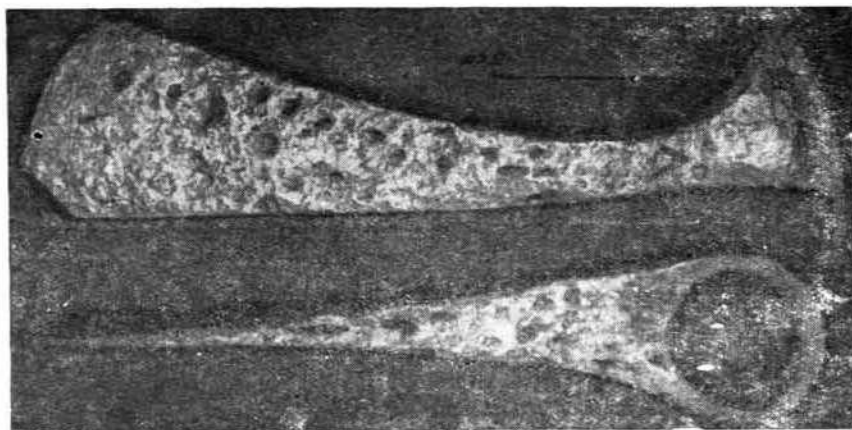
Kalēja knaibļu konstrukcija ir labi pārdomāta. Tās izveidojums pilnīgi līdzīgs mūsaiķu veidam, tikai izmēri nedaudz mazāki (tā laika kalumi bija sīkāki). Knaibļu kātu šķērsgriezums kvadratisks. Metālu nevar izpētīt stipro korozijas bojājumu dēļ.

Kalta šķērsgriezums ir četrstūrainš un tas domāts nemetālu apstrādei, jo uzsitamais gals iestiprināts koka kātā.

### 3. §. Melderišķu un Kalna-Degļu cīrvji.

Mūsu eras II—IV g. s. gatavoja arī lielākus priekšmetus. Tā, piemēram, ap 270 km gaisa līnijā no Mazkatužiem uz austrumiem Jēkabpils rajona Melderišķos un Kalna-Degļos atrada

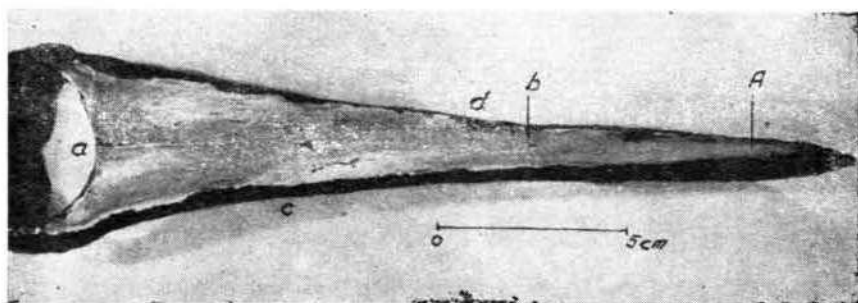
atsevišķi tā laika cirvjus: vienu ap 200 mm garu (6. att.) un otru ar tādu pašu konfigurāciju, bet tikai 158 mm garu. Kāta iestiprināšanas caurums abiem cirvjiem vienāds (caurmērs ap



6. att. Melderišķu cirvis.

39 mm). Abi cirvi korozijas vidēji bojāti, izņemot asmeni, kura virsotne korozijas dēļ daļēji ir zudusi. Cirvju priekšējo galu spektrālā analīze uzrādīja, ka ķīmiskais sastāvs (izņemot oglekli) maz atšķiras no armko dzelzs sastāva.

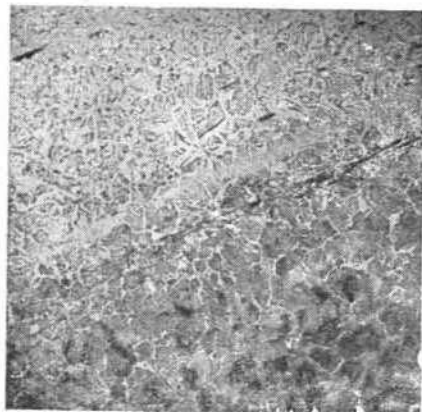
Melderišķu cirvja priekšējā gala makrostruktūra (7. att.) ir šķiedraina, nevienmērīga, ar sārņu ieslēgumiem. Kāta pusē skaidri izšķiramas cirvja daļu sametinājuma vietas (linija a—b un linija c—b—d). Zem līnijas c—b redzami rekristalizēti graudi. Vietas A (7. att.) mikrostruktūra parādīta 8. attēla. Redzama slāņaina struktūra. Augšpusē atrodas ferīta un perlīta slānis (oglekļa dau-



7. att. Melderišķu cirvja priekšējā gala makrostruktūra.

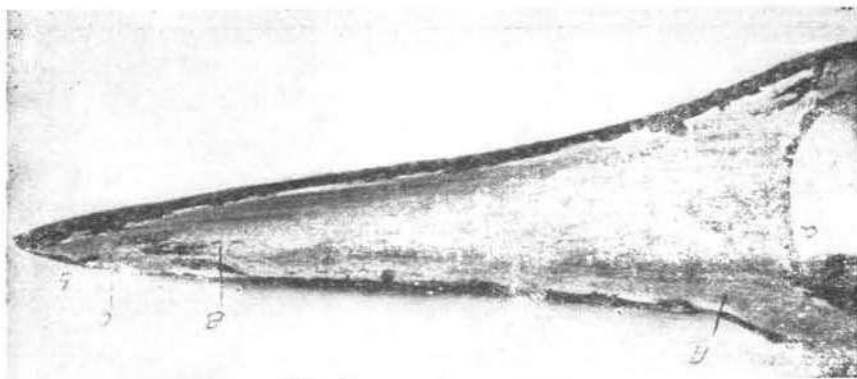
dzums 0—0,2%) un zem gaišās sametinājuma vietas svītras — perlīts ar ferīta tīkliņu (oglekļa daudzums 0,7—0,8%). Izstiepto sārņu garums atsevišķās vietās sasniedz pat 400  $\mu$ . Brinela cietība  $H_B$  vietas A tuvumā no 111—141.

Melderišķu cirvis izkalts no trim krica gabaliem (oglekļa daudzums 0—0,2%). Kāta vieta izveidota ar saliekšanas operāciju, un pieliektās malas sametinātas pa līniju a—b. Pēc tam izkalts asmens un piemetināts kāta daļai pa līniju c—b—d. Zem vietas A asmens virsotnes sānam piemetināta apmēram 1,5 mm bieza tērauda<sup>1</sup> plāksnīte (oglekļa daudzums 0,7—0,8%). Tādas plāksnītes atrašanās asmenī dod iespēju ar rūdišanu panākt virsotnei lielāku cietību. Taču cirvis nav ar rūdīta metala strukturu. Vai ir bijusi izdarīta rūdišana, to tagad nav iespējams pateikt, jo konservējot muzejā ar karsēšanu struktūra izmainīta un, kā atzīmēts iepriekš, asmens virsotne daļēji zudusi.



8. att. Melderišķu cirvja vietas A (7. att.) mikrostruktūra. Pal. 50 $\times$ .

izveidota ar saliekšanas operāciju, un pieliektās malas sametinātas pa līniju a—b. Pēc tam izkalts asmens un piemetināts kāta daļai pa līniju c—b—d. Zem vietas A asmens virsotnes sānam piemetināta apmēram 1,5 mm bieza tērauda<sup>1</sup> plāksnīte (oglekļa daudzums 0,7—0,8%). Tādas plāksnītes atrašanās asmenī dod iespēju ar rūdišanu panākt virsotnei lielāku cietību. Taču cirvis nav ar rūdīta metala strukturu. Vai ir bijusi izdarīta rūdišana, to tagad nav iespējams pateikt, jo konservējot muzejā ar karsēšanu struktūra izmainīta un, kā atzīmēts iepriekš, asmens virsotne daļēji zudusi.



9. att. Kalna-Degļu cirvja priekšējā gala mikrostruktūra.

<sup>1</sup> Tērauds ir dzelzs un oglekļa sakausējums ar oglekļa daudzumu līdz 1,7% un nelieliem Si, Mn, S un P piemaisījumiem.

Kalna-Degļa cirvis izkalts no viena krica gabala (oglekļa daudzums 0—0,2%). Kāta vieta līdzīgi Melderišķu cirvim izveidota ar saliekšanas operāciju, un pieliektās malas sametinātas pa līniju a—b (9. att.). Esošā asmens virsotne nesatur tērauda plāksnīti. Mikrostruktūra sastāv galvenokārt no ferīta un atsevišķās vietās ir arī nelieli perlīta ieslēgumi. Dažās vietās notikusi rekristalizācija. Cirvis nav rūdīts. Brīnēla cietība  $H_B$  vietās A, B un C (9. att.) no 106—113.

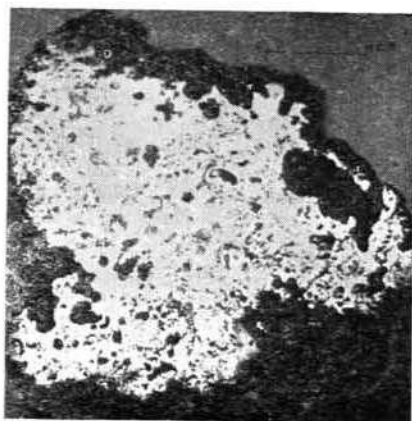
#### 4. §. Kokmuižas depozīts.

Pakāpeniski dzelzs izstrādājumu krājumi arvien pieaug. Salduš rajonā Kokmuižas tuvumā 1869. gadā atrada daudzus dzelzs priekšmetus. Tas ir lielākais šāda veida depozīts visu triju Baltijas valstu esošajās robežās. Depozīts satur vairāk nekā 1000 dažādu dzelzs priekšmetu, tai skaitā apmēram 700 šķēpu smaīļu, daudz cirvju un kapļu, zobenu fragmentus, 2 veserus, kalēja laktu, knaibles, 3 kricas, dzelzs sārņus u. c. Spriežot pēc atrasto dzelzs priekšmetu formas un dažām klātesošām rotas lietām, šis krājums ir V g. s. vietējais ražojums. 1930. gadā minētā depozīta tuvumā atrada vēl otru, mazāku depozītu, kas satur tāpat šķēpu smaīles, nažus, rotas lietas u. c., un arī pieskaitāms V g. s.

Kokmuižas dzelzs priekšmetu izmēri nav sevišķi lieli un tos stipri bojājusi korozija, kāpēc nav izdevīgi metāla īpašību un



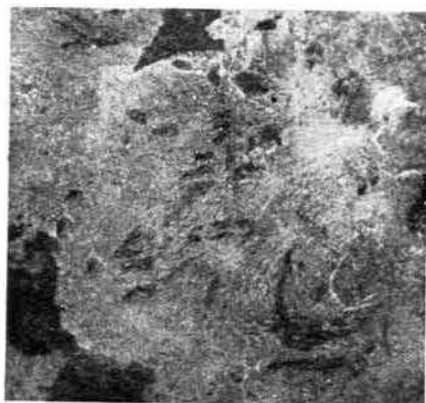
10. att. Kokmuižas vidējā lieluma krics.



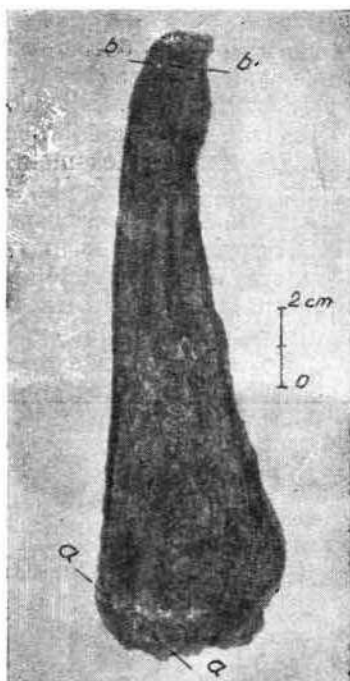
11. att. Kokmuižas vidējā lieluma krica nekodināta šķērsgrīzuma makrostruktūra.

technoloģijas pētījumiem. Taču ļoti vērtīga kricu un sārņu (smagākais sārņu gabals sver 540 g) atradums, jo tas liecina, ka lietots vietējais metāls. Lielākais krics (1450 g) izkalts prizmatiski ar noapaļotiem stūriem. Vidējā (1090 g) un mazākā (925 g) kricu konfigurācija nemainīta. Uz to virsmas redzamas pat kokogļu atliekas. Vidējais krics parādīts 10. attēlā un tā šķērsriezuma nekodinātā makrostruktūra 11. attēlā.

Makrostruktūras attēlā gaišais lauks ir metāls un melnais lauks poras-tukšumi, kas daļēji pildīti ar sārņiem. Griezuma virsma kodinājās samērā vienādi un diezgan stipri. Pēdējais norāda, ka krics satur lielāku oglekļa daudzumu. To apliecina arī mikrostruktūra, kas sastāv galvenokārt no perlīta (12. att.). Dažās vietās blakus perlītam atrodas ferīts vai krica malās arī cementīts. Oglekļa daudzums kricā no 0,7—1% (vidējais daudzums 0,9%).



12. att. Kokmuižas vidējā krica mikrostruktūra. Pal. 100X.



13. att. Kokmuižas cirvja fragments.

Ar līdzīgu mikrostruktūru ir arī lielais krics. Augstais oglekļa daudzums atļauj nosaukt šos kricus par tērauda kriciem.

Apskatot vienu korozijas mazāk bojāta Kokmuižas cirvja fragmenta (13. att.) asmeņa daļas mikrostruktūru (14. att.) un kāta daļas mikrostruktūru (15. att.) pirms un pēc atkvēlināšanas, var atzīmēt sekojošo:

a) Cirvis kalts no tērauda krica ar oglekļa saturu 0,7—0,9%.

Asmens virsotnei piemētināts sānos otrs slānis ar oglekļa daudzumu 0,3—0,4%.

b) Cirvja pamatdaļa izgatavota no tāda paša sastāva metala, kāds ir krieciem.

c) Asmens ir rūdīts un atlaidināts. 14. attēlā redzams rūdītās vietas sorbits ar melniem sārņu ieslēgumiem. Tā Brinela cietība  $H_B = 220$ .

d) Kāta daļa nerūdīta. 15. attēlā parādīta šīs daļas struktūra: tumšais ir perlīts, gaišais — ferīts un melnais — sārņu ieslēgumi.

Izpetījot vēl otra cirvja un šķēpa smailes fragmentu (asmens virsotnes zudušas), savukārt var konstatēt, ka tie gatavoti no



14. att. Kokmuižas cirvja asmens griezuma (13. att. a-a) mikrostruktūra. Pal. 100×



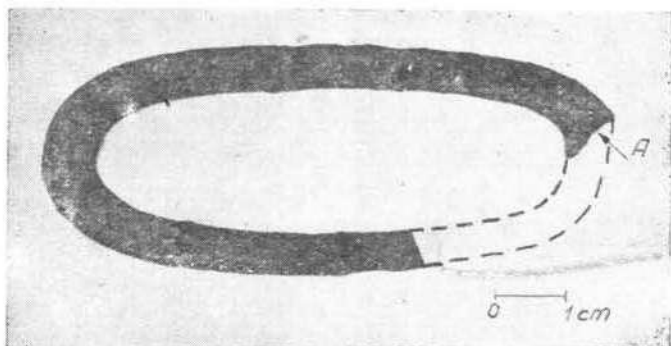
15. att. Kokmuižas cirvja kāta daļas griezuma (13. att. b-b) mikrostruktūra. Pal. 100×

dzelzs krica (oglekļa daudzums 0—0,1%). Tātad Kokmuižā prata iegūt kricus ar dažādu oglekļa daudzumu. Viengabala tērauda cirvis norāda, ka tērauda iegūšana nerādīja nekādas sevišķas grūtības, un nebija vajadzības, ekonomisku apsvērumu dēļ, to ievietot tikai izstrādājumu darba daļā un pārējās daļas gatavot no dzelzs.

## 5. §. Ķentes pilskalns

Patlaban LPSR Zinātņu akadēmija izdara izrakumus Ķentes pilskalnā (netālu no Ogres pilsētas dienvidaustrumu robežas), pētījot VI—VIII g. s. radušos kulturslāņus. No šajos kulturslāņos atrastiem priekšmetiem analizēti 12 dažādi melnā metala izstrādājumi: 3 naži, 2 sirpjī, ilens, 2 šķēpu smailes, 2 cirvju asmeņu

fragmenti, šķiltava un apaļš stienis. Analizējamo priekšmetu nelielo izmēru un samērā stiprās konfigurācijas bojājumu dēļ, pagrūti vēl dot pareizus secinājumus par tā laika metālu apstrādāšanas tehnikas līmeni. Var gan atzīmēt, ka metāls nedaudz tirāks no sārpiem nekā Mazkatužu un Melderišķu metāls. Izstrādājumi gatavoti no krikiem ar dažādu oglekļa daudzumu. Lielāko tiešu metāls ir ar gadījuma rakstura neviendabīgumu (atsevišķas vietas satur vairāk oglekļa). Neviena asmens virsotne nav norūdīta, lai gan, piemēram, cirvju asmeņu virsotnēm oglekļa daudzums pietiekošs rūdīšanai. Rūdīta un atlaidināta uz troostitu ( $H_B = 400$ ) ir šķiltavas (16. att.) ārpuse, kā arī pavisam nevajadzīgi vienam nazim piemetinātā mugurdaļa (iegūts sorbits) un



16. att. Šķiltava.

sirpja mugurdaļa (iegūts martensīts). Jāatzīmē gan, ka šim nazim un sirpim zudusi asmens virsotne, kāpēc nav iespējams dot tiem pareizu tehnoloģisko schemu.

Šķiltava izgatavota no divslāņaina metāla: viens slānis satur oglekli 0,7—0,8% un otrs 0—0,1%. Metāls izkalts 2 mm biezas plāksnītes veidā. Plāksnīte saliekta ovalveidīgi un tās gali sametināti kopā. Rūdot kļuva cietāks uz ārpusi izliektais ar oglekli bagātākais slānis, bet iekšpuse mazā oglekļa daudzuma dēļ palika mīksta ( $H_B = 125—150$ ), un tādējādi samazinājās šķiltavas traukslums. Strukturu pētījām vietā A (16. att.) un cietību pa visu šķiltavas virsmu.

## 6. §. Agrā feodalisma laiks

Sākot ar IX, X g. s. līdz XII g. s. beigām, kad vācu feodaļi iebruka senās Latvijas teritorijā, attīstījās un nostiprinājās feodalisms. Šajā laikmetā strauji pieauga ražošanas spēki visās



galvenajās ražošanas nozarēs: zemkopībā, lopkopībā, amatniecībā u. c. Zemes apstrādāšanā ieviesa dzelzslemešu arklus, šaurasmens cirvja vietā nāca ražīgāks platasmens cirvis, radās specializēti darba rīki un tml. Strauji pieauga arī iedzīvotāju skaits, sevišķi sākot ar XI g. s. Vienkāršie kopienas nocietinājumi pārvērtās par stipri nocietinātām pilīm — dižciltīgo varas centriem. Šādu pilskalnu piekāpē izauga pilsētu sākumi, kur dzīvoja dažkārt liels iedzīvotāju skaits, kas nodarbojās ne tikai ar zemkopību, bet arī ar metala apstrādāšanu, podniecību, tirdzniecību u. c.

Sādi pilskalni ir Talsos, Tērvetē, Mežotnē, Dignājā, Daugmalē, Jersikā un citās vietās.

Par metala apstrādāšanas esamību, attīstību un apjomu liecina ne tikai tas, ka minētajās vietās atrasti vai nu dzelzs sārņi, krici, dzelzs iegūšanas krāsns paliekas un pašu izgatavotie īpatnējie darba rīki, ieroči, rotas lietas, bet arī tas, ka šie īpatnējie izstrādājumi atrasti tālāk no šīm vietām. Kuršu un zemgaļu izstrādājumi atrasti ne tikai Latgalē, bet pat Sāmsalā. Tā, piemēram, kuršu zobeni nonāca ne tikai lībiešu un latgaļu rokās, bet tie iecienīti bija pat Igaunijā, sevišķi Sāmsalā.

## 7. § Daugmales pilskalns

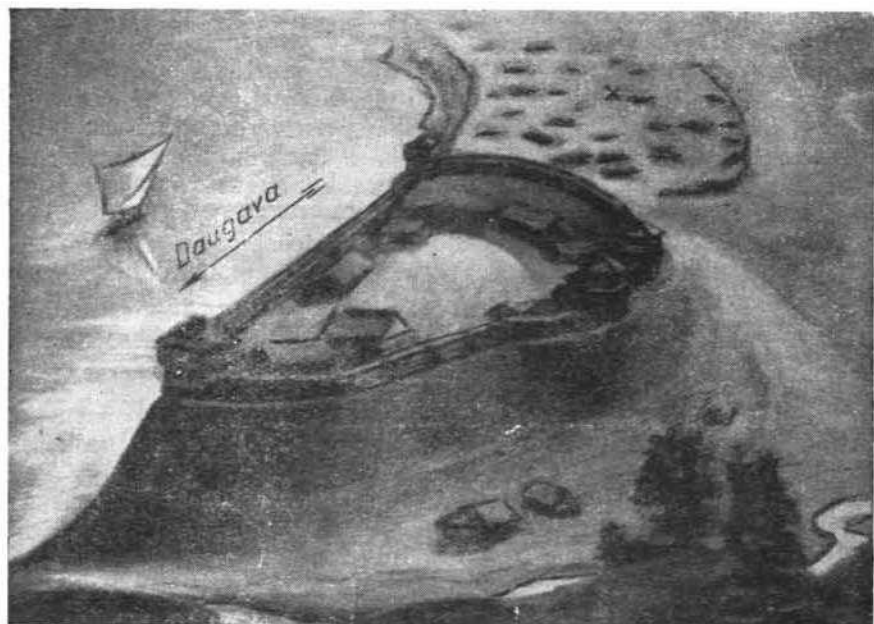
1936. gadā izdrija izrakumus Daugmales pilskalnā. Pirmoreiz mūsu archeologi atrada dzelzs iegūšanas krāsns paliekas. Krāsns atradās pilskalna pilsētā (17. att.) un, spriežot pēc apkaimē atrastās keramikas, tā pieder XI—XII g. s. No krāsns bija palikusi pavardveidīga bedre, izklāta ar cietu degušu mālu kārtu. Bedres dibenā atradās dzelzs sārņi (18. att.).

Līdzīgas dzelzs sārņus atraka arī citās pilsētas vietās un pašā pilskalnā.

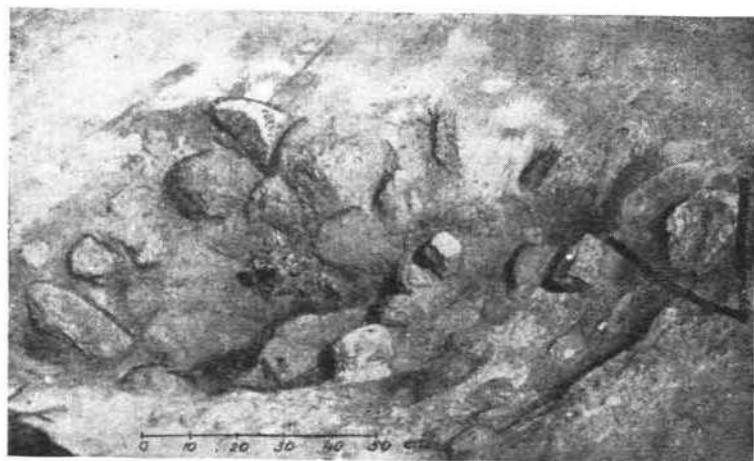
Šajā pašā laikā, izdarot izrakumus Talsu pilskalnā to pašu gadsimtu kulturslāņos, arī atrada melnā metala apstrādāšanas lieciniekus: dzelzs sārņus un kalēja knaibles. Abu vietu dzelzs sārņu ķīmiskā analīze<sup>1</sup> uzrādīja, ka sārņi ir skābi, jo satur lielāku SiO<sub>2</sub> daudzumu. Bez tam sārņos atrodas daudz dzelzs, sasniedzot Daugmales sārņos pat 57%. Līdzīgs stāvoklis ir arī vēlāk atrastajos citu pilskalnu dzelzs sārņos, piemēram, Jersikas, Mežotnes, Dignājas (šeit sārņu kopējais daudzums pārsniedz 1 m<sup>3</sup>, un atradās dažās vietās līdz 30 cm biežā slānī) un Azotes. Jāatzīmē, ka arī senajā Krievzemē bija liels dzelzs daudzums sārņos; analizētajos sārņos dzelzs atradās robežās no 18—64,5% [10]. Tik liels dzelzs daudzums sārņos norāda uz kricu iegūšanas procesa mazražīgumu, taču tolaik maz ko varēja uzlabot.

<sup>1</sup> Dažu pilskalnu dzelzs sārņu ķīmiskais sastāvs dots [7].

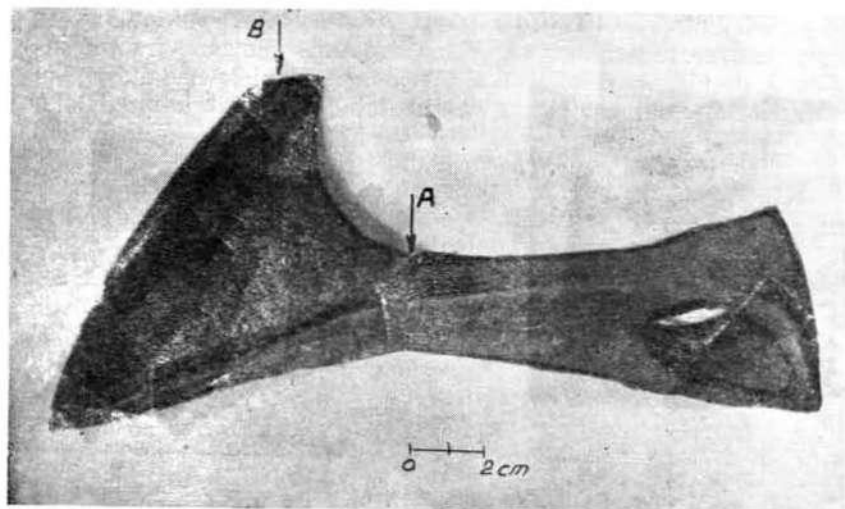




17. att. Daugmales pilskalna rekonstrukcija. Ar × atzīmēta krāsns atrašanas vieta.



18. att. Daugmalē atrastās dzelzs iegūšanas krāsns paliekas.

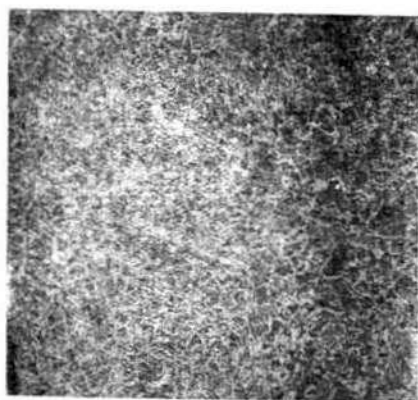


19. att. Daugmales cirvis (vietā A ielauzts).

No Daugmalē X—XII g. s. kulturslāņos atrastajiem priekšmetiem izpēti 13 gabali dažādi melnā metala izstrādājumi: 2 cirvji, 2 harpunas, 2 naži, 2 buļtu smailes, 2 naglas, šķēpa smaile, izkopts un piekare.

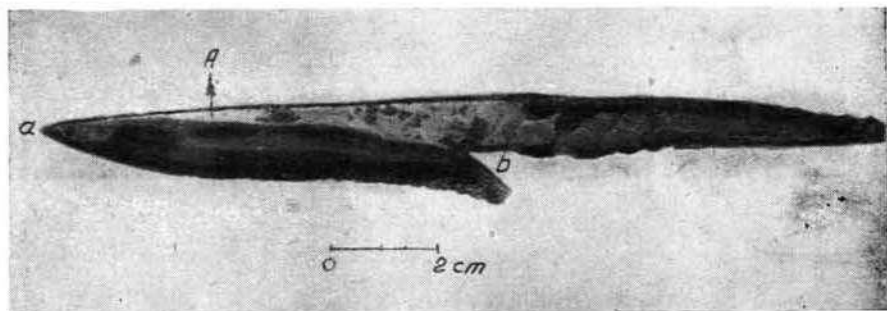
Cirvji ir platasmens veida un izkalti no vairākiem dzelzs kricu gabaliem (feritiska struktūra). Viens cirvis parādīts 19. attēlā. Otrs cirvis līdzīgs pirmajam, bet tikai zudusi kāta cauruma daļa.

Cirvjus vidēji bojājusi korozija. Lai asmens virsotne būtu cietāka, tad cirvja dzelzs ķīlim virsotnes daļā piemetināta tērauda virsotne (oglekļa daudzums 0,5—0,7%). Parasti pēc tam izdara rūdīšanu (skat. zemāk Asotes un citu pilskalnu cirvjus, kā arī Rīgā atrastos), bet šiem cirvjiem ir nerūdīta, bet gan daļēji pat pārkarsēta metala vidmanšēta struktūra. Pirmā cirvja asmens vietas B (19. att.) pārkarsētā mikrostruktūra parādīta 20. att. Tāda pati mikrostruktūra ir arī otra cirvja asmenim. Metala pārkarsējums



20. att. Daugmales cirvja vietas B (19. att.) mikrostruktūra. Pal. 100×

norāda, ka atrastie cirvji pēc izgatavošanas bijuši pakļauti lielas temperatūras iespaidam. Oglekļa daudzums asmens virsotnē atbilst tā daudzumam mūslaika cirvjos. Asmenī ir nedaudz sīku sārņu ieslēgumu, bet cirvja dzelzs daļā to ir vairāk un lielāki.

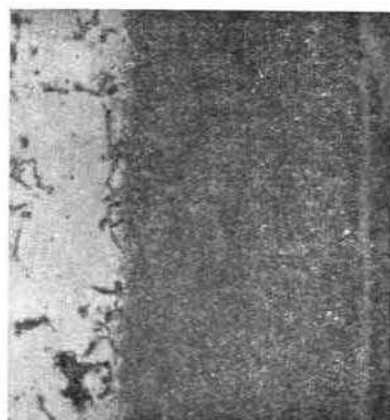


21. att. Daugmales isā harpuna. Asmens daļas virsma kodināta.

Daugmale atrodas Daugavas krastā. Savā laikā Daugava bija bagāta zivīm. Zivju zvejai gatavoja harpunas. No izpētītajām 2 harpunām isākā redzama 21. attēlā. Otra harpuna apmēram 2 reizes garāka. Korozijas bojājumi nelieli. Pētījot makrostrukturu ar kodināšanu, skaidri redzams, ka dzelzs kāta daļai piemētināts pa līniju aAb asmens, kas satur vairāk piemaisījumu (tumšāk kodinājās) nekā kāta daļa. Asmens ir no tērauda. Vietas A mikrostruktūra parādīta 22. attēlā. Pa labi augšpusē redzams kāta



22. att. Isās harpunas vietas A (21. at.) mikrostruktūra. Pal. 100×



23. att. Daugmales naža asmens virsotnes tērauda un dzelzs slāņu sametinājuma vietas mikrostruktūra. Pal. 100×

daļas ferīts un pa kreisi apakšpusē asmens virsotnes rūdīta un atslaidināta tērauda martensīts (oglekļa daudzums 0,3—0,4%). Līdzīgi izveidota arī otra harpuna.

Labi apdomāta arī nažu asmeņu tehnoloģija. Tāpat kā harpunām arī nažiem asmens virsotnē ņemts tērauds (oglekļa daudzums 0,7—0,9%), kas pēc tam rūdīts un atslaidināts (uz sorbitu). Viena naža asmens izgatavots, sametinot kopā trīs slāņus: asmens ķīļa vidū atrodas tērauda slānis un tā abos sānos dzelzs slānis (skat. 25.a att.). Tērauda un viena malējā slāņa mikrostruktūra parādīta 23. attēlā. Apakšdaļā redzams dzelzs ferīta slānis un augšdaļā rūdītā tērauda slāņa sorbits. Visur ir sīki sārņu ieslēgumi.

Pārējie izstrādājumi galvenokārt ir ar ferītisku strukturu un satur dažāda lieluma sārņu ieslēgumus. Oglekļa daudzums atsevišķās vietās līdz 0,1—0,2%. Jāatzīmē izkopts sīkie ferīta graudi, kas liecina, ka tā ir pastiprināta (placināta).

## 8. §. Asotes pilskalns.

Nesen LPSR Zinātņu akadēmija pabeidza izrakumus Asotes pilskalnā un šajos izrakumos ieguva lielisku senās melnās metalurģijas pieminekli — atraka samērā labi saglabājušos dzelzs iegūšanas krāsni (24. att.) ar dzelzs sārņiem, kas radušies darba procesā. Dzelzs sārņu klātbūtne kādas citas krāsns paliekās ļauj mums secināt, ka bijusi vēl otra dzelzs iegūšanas krāsns.

Atraktā krāsns ir virszemes un šachtveidīga. Pēc kārtīgas krāsns izkarsēšanas, sadedzinot tajā kokogles, tur iebēra kokogļu jaunu devu kopā ar apdedzinātu purvu rūdu un nepieciešamiem kušņiem. Šachtas virspusi aizmūrēja, atstājot vidū nelielu caurumu krāsns gāzu izplūšanai. Gaisu pievadīja no apakšas caur šim nolūkam atstātu caurumu (24. att. vieta A). Šo caurumu izmantoja arī sārņu novadišanai. Pakāpeniski purvu rūda reducējās par dzelzi un noslīdēja uz krāsns klona mikstas porainas masas veidā — dodot dzelzs kricu, kurā lēnākā procesā un ar augstāku temperatūru difūzijas ceļā no kurināmā izšķīda arī ogleklis [10]. Procesā beigās krāsns virsdaļu nojauca un ar knaiblēm izvilka kricu, tā iegūstot izejmaterialu dažādiem melnā metāla izstrādājumiem.

Asotē neatrada nevienu krica gabalu, lai gan tika atrasti daudzi dažādi melnā metāla izstrādājumi. No pedējiem metalogrāfiski izpētījām 60 gabalus: 14 nažus, 11 cirvjus, 7 lauksaimniecības darba rīkus, 4 metālu un koku apstrādāšanas instrumentus, 5 ieročus, 4 īlenus, 6 savienotājus un 9 dažādus izstrādājumus.

Naži kalti no dzelzs krājiem. Kāta daļa visiem ir no dzelzs, bet asmeņi izveidoti ar tērauda klātbūtni. Vidējais oglekļa daudzums tēraudā 0,6% (no 0,3—0,9%). Asmens izgatavots ar vienu no tālāk apskatītiem paņēmieniem:

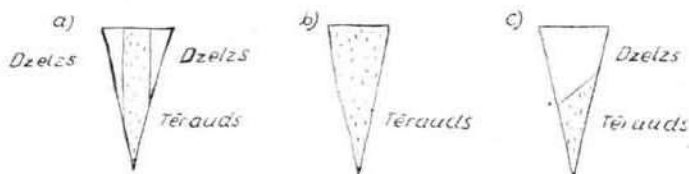


24. att. Asotes dzelzs iegūšanas krāsns.

a) Sametinot kopā trīs slāņus (25.a att.). Asmens ķīļa vidū atrodas tērauda slānis un tā abos sānos pa dzelzs slānim. Tāda tehnoloģija ir vienam nazim.

b) Asmens kopā ar mugurdaļu ir no tērauda (25.b att.). Tāda tehnoloģija ir vienam nazim.

c) Asmens no tērauda un piemetināts dzelzs ķīlim (25.c att.). Šis ir visvairāk izlietotais paņēmieni.



25. att. Nažu asmeņu tehnoloģiskā schema.

Nažu asmeņu ķīļa leņķis ir no 8—15° (senajā Krievzemē 15—25° [10]).

Visi naži tā izveidoti, ka tiem varēja izdarīt asmens rūdīšanu. Rūdīto asmeņu Brinela cietība  $H_B = 300—400$  (tagadējo nažu cietība  $H_B$  saskaņā ar  $\Gamma OCT$  ir 460—555). Rūdītajās vietās varēja redzēt gan martensītu, gan troostītu vai sorbitu. No novecošanās un daļējas pastiprināšanas ferīts ir ar paaugstinātu cietību, piemēram,  $H_B = 150$ , kas pēc atkvēlināšanas samazinājās uz 102.

Cirvji gatavoti līdzīgi nažiem. Pats cirvis izkalts galvenokārt no dzelzs krica, bet asmens no tērauda. Vidējais oglekļa daudzums tēraudā 0,5% (0,25—0,9%). Tagadējā laika cirvju asmeņi satur oglekli 0,7—1,0%. No aplūkotajiem asmeņiem viens asmens sastāv no trim slāņiem (līdzīgi kā 25. a att.), viens asmens kopā ar mugurdaļu no tērauda (25.b att.) un septiņi asmeņi no tērauda, kas piemetināts dzelzs ķīlim (25.c att.).

Cirvju asmeņu ķīļu leņķis ir no 7—28° (senajā Krievzemē 20—25° [10]). Cirvju asmeņi tā izveidoti, ka varēja tos rūdīt. Rūdīto asmeņu Brinela cietība  $H_B = 350—500$  (tagadējo cirvju cietība  $H_B$  saskaņā ar  $\Gamma OCT$  ir 415—555).

Līdzīgi nažiem izgatavotas arī izkaptis un sirpis. Lāpstas apkalums un arkla lemeša gals ir no dzelzs, pie tam novecošanās un pastiprināšanas dēļ strukturas ferīts ir ar palielinātu cietību ( $H_B = 184$ ).

Arī metālu un koku apstrādāšanas instrumentiem (caursitnis, cirtnis un slimests) un ieročiem (šķēpu smailes) darba daļā atrodas tērauds. Mazsvarīgāki izstrādājumi, kā naglas, cemme, aizkabe, jātnieka piesis un tml. kalti no dzelzs, kurai atsevišķās vietās oglekļa daudzums sasniedzis pat 0,2—0,3%. To struktūra ir netīrāka ar sārņiem.

No dažādu izstrādājumu grupas jāatzīmē 4 prizmatiski stieņi, kas ir sagatavojami no krieciem kaut kādiem izstrādājumiem. Viena stieņa spektrālā analīze uzrādīja, ka tā ķīmiskais sastāvs apmēram līdzīgs armko dzelzs sastāvam (izņemot oglekli). Tikai viens stienis ir ar feritisku strukturu. Pārējiem redzams gan perlīts, cementīts, martensīts vai troostīts. Oglekļa daudzums no 0—1,1%. Tāds oglekļa neviendabīgums pazemina metāla augstvērtīgumu.

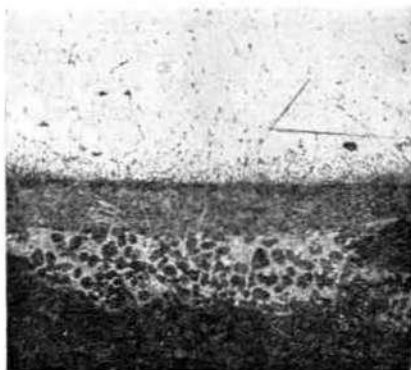
## 9. §. Tērvetes pilskalns

Jau pāris gadus izdara izrakumus Tērvetes pilskalnā. No virsējos kulturslāņos (ietver arī XIII g. s.) atrastajiem priekšmetiem metalogrāfiski izpētīti 22 gabali dažādi melnā metāla izstrādā-

jumi: 5 naži, 4 bultu smailes, 3 īleni, 3 pakavu fragmenti, 2 naglas, zobena fragments, cirvis, šķēpa smaile, slīmešta fragments un dzelzs krics.

Naži un cirvis izgatavoti tāpat kā Asotē; asmens virsotne ir no tērauda, pie tam atkal visvairāk piemētināts tērauds (oglekļa daudzums 0,3—0,9%) dzelzs ķīlim (25.c att.). Jāatzīmē, ka cirvja piets daļa ir cementēta (oglekļa daudzums 0,8%). Rūdīto asmeņu virsotņu Brinela cietība  $H_B = 280—310$ .

Ipatnējs ir slīmešta fragmenta asmens. Tam virsotnes cietības palielināšanai viena asmens sānmalā cementēta. Rezultātā iegūta pat baltā ķeta<sup>1</sup> struktūra. 26. attēlā redzama cementētās vietas mikrostruktūra. Augšpusē gaišais ir ferīts, zem tā perlitis



26. att. Slīmešta asmens virsotnes sānmalas mikrostruktūra. Pal. 100×



27. att. Zobena fragmenta šķērsriezuma divu slāņu sametinājuma vietas mikrostruktūra. Pal. 100×

un apakšpusē baltā ķeta struktūra: perlitis, sekundarais cementīts un ledeburīts. Baltā ķeta struktūra tomēr nav labvēlīga, jo ievērojami palielina virsotnes trauslumu.

Jāatzīmē arī zobena fragmenta un šķēpa tehnoloģiskā shēma. Tā, piemēram, zobena šķērsgriezums sastāv no trim, apmēram 1,4 mm bieziem, kopā sametinātiem slāņiem. Vidējais slānis satur oglekli 0,4—0,5% un malējie — viens līdz 0,1% un otrs 0,1—0,2%. Tāds izveidojums pēc rūdīšanas dod iespēju labi uzturēt zobena asumu un sīkstumu. 27. attēlā parādīta vidējā slāņa (augšpusē) un viena malējā slāņa mikrostruktūra. Starp abiem slāņiem redzama sametinājuma šuve. Abi slāņi sastāv no kaut kāda iemesla dēļ pārkarsēta ferīta un perlīta. Sārņu ieslēgumi

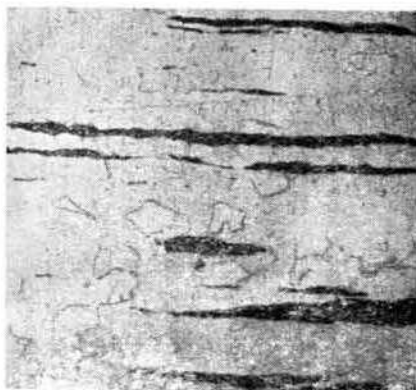
<sup>1</sup> Ķeta oglekļa daudzums virs 1,7%.



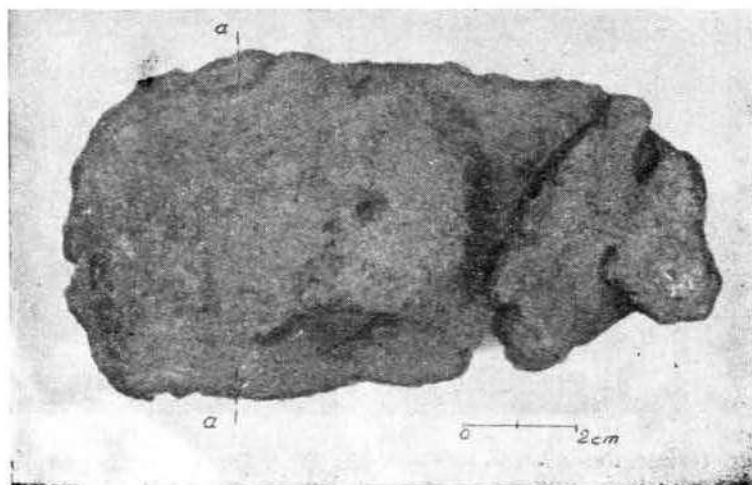
siki. Tik liels slāņu sametināšanas laukums prasa augsti kvalificētu kalšanas darba prasmi. Šķēpa smaile savukārt sastāv no 2 kopā sametinātiem slāņiem: dzelzs un tērauda (oglekļa daudzums ap 0,8%).

Bultu smailes, naglas un pakavi kalti no mazvērtīgāka metāla; no neviendabīgas dzelzs (oglekļa daudzums dažās vietās sasniedz 0,2% vai pat vairāk) ar lielāku sārņu daudzumu. Tipiska tāda materiāla feritiska struktūra parādīta 28. attēlā, pie tam ferīta graudi un sārņu ieslēgumi ir arī lielāki vai mazāki. Arī īleni gatavoti no dzelzs (oglekļa daudzums 0—0,1%). Viena īlena gals cementēts (oglekļa daudzums 0,4%) un rūdīts.

Par vietējās dzelzs iegūšanu Tērvetē liecina XIII g. s. otrās puses kulturslānī atrastais 732 g smagais dzelzs krics (29. att.). Krica nokodinātā griezuma a-a (29. att.) makrostruktūra parādīta 30. attēlā, kurā redzams, ka lielāks piemaisījuma daudzums ir ap poru — tukšumu



28. att. Naglas šķērsriezuma mikrostruktūra. Pal. 100×.



29. att. Tērvetes dzelzs krics.

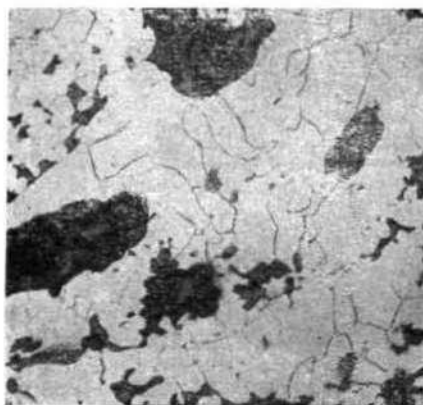


vietām, t. i. tajās vietās, kur varēja vieglāk ogleklis piekļūt dzelzij.

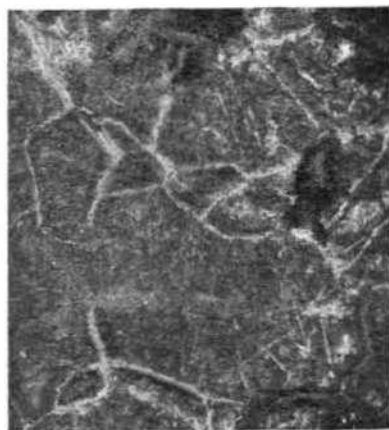


30. att. Tērvetes krica kodinātā griezuma makrostruktura.

Sajā attēlā baltais metala lauks satur mazāk piemaisījumu (feritiska struktura — skat. 31. attēlu) nekā tumšais (perlitiska struktura ar cementa tīkliņu — skat. 32. attēlu). Melnais lauks ir



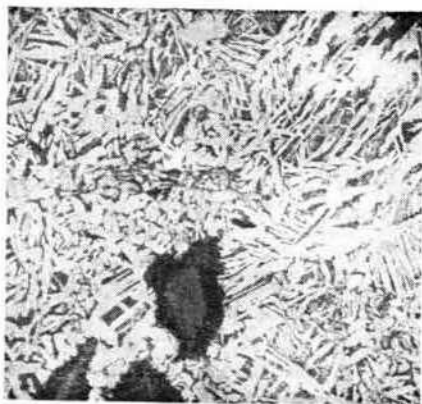
31. att. Tērvetes krica feritiskās vietas mikrostruktūra (melns — sārņi). Pal. 100×



32. att. Tērvetes krica perlitiskās vietas ar cementīta tīkliņu mikrostruktūra (melns — sārņi). Pal. 100×

poras — tukšumi, kas daļēji pildīti ar sārņiem. Apskatot makrostrukturu, bez 31. un 32. attēlā redzamām strukturām dažās vietās redz arī vidmanšeta strukturu (33. att.). Tas norāda, ka krics šajās vietās ir bijis stipri pārkarsts (pie apmēram 1300—1400°). Kricā oglekļa daudzums no 0—1,2%.

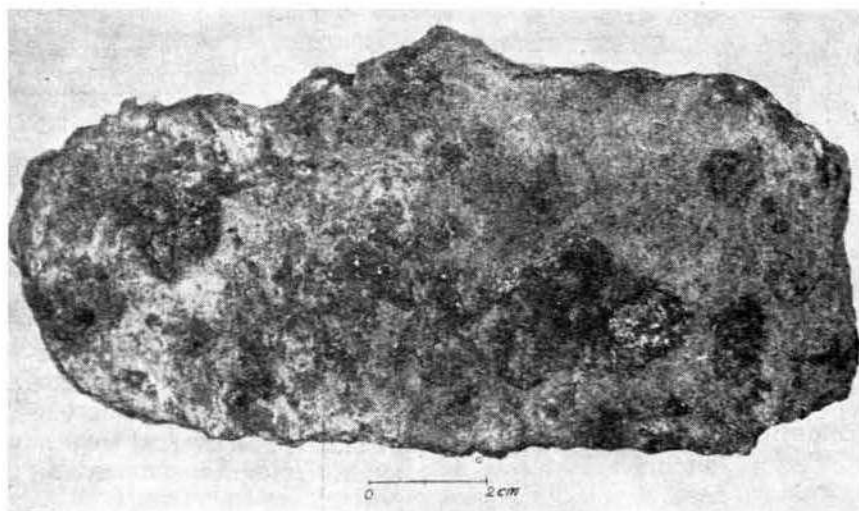
Krica ārējā forma liecina, ka tas pēc izņemšanas no iegūšanas krāsnis ir nedaudz apkalts.



33. att. Tērvetes krica vidmanšeta mikrostruktura. Fal. 100×

## 10. §. Turaidas pilskalns

Turaidas pilskalnā 1953. gadā izdarītajos izrakumos atrada dzelzs kricu (34. att.), kas atradās XIII g. s. otrās puses kulturslānī. Krica svars 860 g. Tā šķērsgrīzumā mikrostrukturā redzams galvenokārt ferīts un tikai dažās vietās atrodas perlitis.



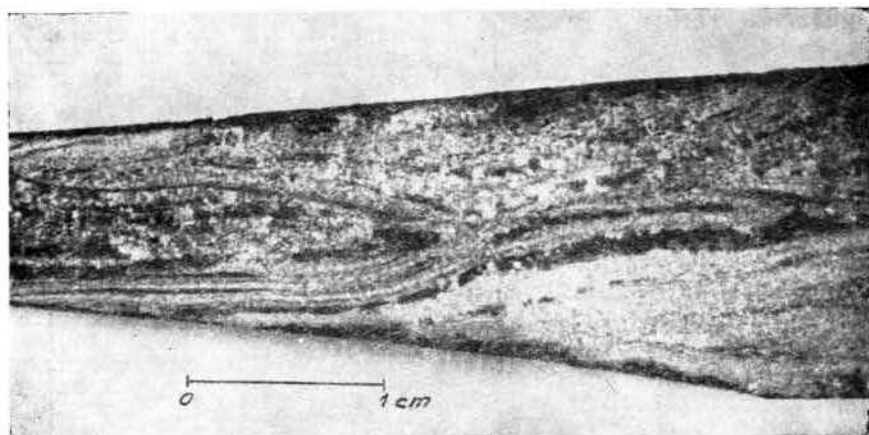
34. att. Turaidas dzelzs krics.

Apskatot XII g. s. kulturslāņa bultas smailes šķērsriezuma mikrostrukturu, redzams ferīts ar nelielu perlīta un sārņu piejaukumu.

Nelielu krica gabalu atrada arī 1939. gadā Dignājas pilskalnā izdarītajos izrakumos.

## 11. §. Rīgas pilsēta

Valsts Rīgas vēstures muzejā atrodas arī tādi melnā metāla izstrādājumi, kas izgatavoti pirms XIII g. s. un atrasti Rīgas pilsētas teritorijā. No tiem izpētījām 2 plasmens cirvjus, šķēpa smaile, pakavu un zobenu.



35. att. Cirvja priekšējā gala makrostruktūra.

Viens no cirvjiem atrasts 13. janvāra ielā senās Rīdziņas gultnē. Tā izgatavošanas veids līdzīgs Daugmales cirvju tehnoloģijai. Viena cirvja priekšējā gala makrostruktūra parādīta 35. attēlā, kurā redzama neviendabīga šķiedraina struktūra ar rekrystalizācijas pazīmēm.

Cirvja dzelzs ķīlim piemētinātā tērauda virsotne (oglekļa daudzums 0,8—0,9%) norūdīta un atslāināta uz martensītu un trostitu. Otra cirvja virsotne nepilnīgi norūdīta (redzams martensītam blakus ferīts).

Šķēpa smaile arī atrasta 13. janvāra ielā. Tās pamatdaļas struktūra sastāv no ferīta ar rupjiem sārņu ieslēgumiem.

Pakavs atrasts Rīgas Centralā Universālveikala celtnes pamatu izrakumos un tam ir vidmanšteta struktūra.

Zobens atrasts Daugavas labajā krastā pret namu Maskavas ielā Nr. 88. Tas atradās mālos un ir X—XI g. s. ražojums. Zobena mikrostrukturu izpētījām roktura daļā un tā sastāvēja no perlīta ar ferīta tīkliņu (oglekļa daudzums 0,7—0,8%). Pati smaile diezgan plastiska, jo tā apmēram 6 mm tālu no gala saliekta zem leņķa 110° bez plaisu pazīmēm liektā — stieptā daļā.

### Secinājumi

Darba rezultātā var atzīmēt sekojošo:

1. Pirmie melnā metala izstrādājumi senajā Latvijā parādījās ap 500 g. pirms mūsu eras.

2. Ar mūsu eras sākumu melnais metāls pilnīgi aizstāja akmens darba rīkus, kā arī izspieda bronzas darba rīkus.

3. Mūsu eras sākumā no kopienas sāka izdalīties atsevišķi cilvēki — kalēji, kas blakus savam ikdienas darbam apguva melnā metala iegūšanas un apstrādāšanas tehniku. Viņi deva izstrādājumus skaidri atšķiramā vietējā, īpatnējā izveidojumā un to labā apdare un īpašības liecina, ka kalēji uzkrāja ilgajā darbā iegūto pieredzi.

4. Mazkatužu kalēja kapa inventārs liecina, ka II—IV g. s. prata ekonomiski un pareizi izvēlēties metālu, izdarīt dažādus kalšanas un metināšanas darbus, kā arī mācēja rūdīt un cementēt.

5. Kokmuižas depozīta krici un to iegūšanas procesa sārņi uzskatāmi parāda, ka V g. s. prata iegūt no purva rūdas melno metālu. Kricu metāls samērā viendabīgs un satur 0,7—1,0% oglekļa, kas atbilst instrumentu tēraudam. Tāda sastāva tērauds ļoti piemērots šķēpu smailēm, cirvjēm, zobeniem un citiem griezējierociem, kas sastāda depozītā esošo galveno izstrādājumu grupu. Lieņoja arī dzelzi. Spriežot pēc fragmentu struktūras katru izstrādājumu gatavoja no vienāda sastāva metāla, tikai piegriežot speciālu vērību asmens virsotnei. Asmens virsotni gatavoja no slāņota metāla, kur blakus cietākam (trausls) metālam atradās mīkstāks (plastisks) metāls. Viengabala tērauda izstrādājums liecina, ka Kokumuižā tērauda un dzelzs izmaksa bija apmēram vienāda un nevajadzēja sevišķi taupīt tēraudu.

6. Par VI—VIII g. s. melnā metālu un izstrādājumu tehnoloģiju pagaidām nevar dot pilnīgu raksturojumu, jo izpētītie nedaudzie tā laika Ķentes pilskalna melnā metāla izstrādājumi stipri bojāti korozijas dēļ. Šķiltavas izgatavošanas tehnoloģiskā shēma ļauj spriest, ka jau šajā laikā labi pazina oglekļa iespaidu uz norūdišanos un arī trausluma pieaugumu.

7. Plaši bija izplatīta melnā metāla iegūšana un apstrādāšana XI—XIII g. s. Tā laika kulturslāņos atrastas dzelzs iegūšanas krāšņu paliekas Daugmalē un Asotē, kā arī dzelzs sārņi Talsos,

Daugmalē, Mežotnē, Turaidā, Dignājā, Jersikā un Asotē. Bez tam atrasti arī Dignājā (XII g. s. k. sl.), Tērvetē (XIII g. s.) un Turaidā (XIII g. s.) dzelzs krīci. Prata iegūt ne tikai dzelzi, bet arī tēraudu ar dažādu oglekļa daudzumu. Tēraudu vērtēja dārgāk nekā dzelzi, un to izlietoja galvenokārt dzelzs izstrādājumu darba daļām nelielu plāksnīšu veidā. Ievērojami plašāks kļuvis izstrādājumu sortiments. Melnā metala iegūšanas, apstrādāšanas un izstrādājumu iegūšanas tehnikas līmenis bija relatīvi augsts un vienāds ar senās Krievzemes līmeni.

8. Vācu feodaļu iebrukuma un senās Latvijas pakļaušanas rezultātā vietējo iedzīvotāju melnā metala iegūšana un apstrādāšana XIII g. s. beigās krasi samazinājās un panīka. Tā kļuva par vācu amatnieku monopolu.

1956. gada maijā.

#### L I T E R A T U R A

1. Latvijas PSR Zinātņu Akadēmija. Latvijas PSR vēsture, 1. sēj., 1953. g.
2. H. Мора. Pirmatnējā kopienas iekārta un agrā feodālā sabiedrība Latvijas PSR teritorijā, 1952. g.
3. J. Zutis. 1. Latvijas aizvēstures problēmas. 2. Agrie viduslaiki Latvijā. 3. Krievu un Baltijas tautu cīņa pret vācu agresiju, 1948. g.
4. Dažādi raksti no Senātnes un Mākslas, 1936., 1938. un 1939. g.
5. Indriķa Livonijas hronika, 1936. g.
6. Latvijas PSR Vēstures muzeja arheoloģijas nodaļas materiāli.
7. A. Anteiņš. Asotes pilskalna dzelzs un tērauda izstrādājumu struktūras īpašības un izgatavošanas tehnoloģija. LPSR ZA Vēstis, 1956. g. Nr. 6.
8. H. Мора. Die Eisenzeit in Lettland bis etwa 500 J. n. Chr. 1929. g.
9. A. Bielensteins. Sitzung-Berichte aus dem Jahre 1861. (10. IX 1869).
10. Б. К. Колчич. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси, 1953 г.
11. Московский институт стали им. И. С. Сталина. Структура и свойства стали. Сборник XXX, 1951 г.

A. Антейнс

### ДОБЫЧА И ОБРАБОТКА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В ДРЕВНЕЙ ЛАТВИИ

#### ВЫВОДЫ

Из работы вытекает следующее:

1. В древней Латвии первые изделия из черных металлов появились около 500 г. до нашей эры.
2. В начале нашей эры черные металлы полностью заменили каменные и вытеснили бронзовые орудия.

3. В начале нашей эры из общины выделились отдельные люди — кузнецы, которые вместе с обычной работой освоили технику добывания и обработки металла. Они изготовляли изделия, которые отличались местной, особой выработкой, хорошим оформлением и достоинствами, свидетельствующими о том, что кузнецы сохранили навык, приобретенный в продолжительной работе.

4. Инвентарь, найденный в могиле Мазкатужского кузнеца, свидетельствует о том, что в II—IV в. умели экономически правильно выбирать металл, выполнять разные работы по ковке и сварке, а также умели производить закалку и цементацию.

5. Кокмужские депозитные крицы и шлаки наглядно показывают, что в V в. из болотной руды умели добывать черные металлы. Металл криц сравнительно однороден и содержит 0,7—1,0% углерода, что соответствует инструментальной стали. Такая сталь пригодна для изготовления острий, копий, топоров, сабель и другого режущего оружия, а это именно и составляет главную группу изделий, находящихся в депозите. Иногда употреблялось также железо. Судя по структуре фрагментов, каждое изделие изготовлялось из металла одинакового состава, и особое внимание обращалось на изготовление вершин лезвия. Вершину лезвия изготовляли из слоистого металла, где рядом с твердым (хрупким) металлом находился мягкий (пластичный) металл. Целые стальные изделия свидетельствуют о том, что в Кокмуже стоимость стали и железа была приблизительно одинакова и не было необходимости особенно беречь сталь.

6. О черном металле в технологии изделий VI—VIII веков пока нельзя дать полной характеристики, так как исследуемые изделия из черного металла того времени городища Кентес сильно повреждены коррозией. Технологическая схема изготовления зажигалки (кресала) дает возможность судить, что уже в это время было хорошо известно влияние углерода на закалку и хрупкость.

7. Добывание и обработка черных металлов были широко распространены в XI—XIII веках. В Даугмале и Асоте в культурном слое того времени найдены остатки печей для производства железа. В Талси, Даугмале, Межотне, Турайде, Дигнае, Ерсике и Асоте обнаружен также шлак железа. Кроме того в Дигнае (культ. сл. XII в.), Тервете (XIII в.) и Турайде (XIII в.) найдены железные крицы. Умели добывать не только железо, но и сталь с разным содержанием углерода.

Сталь ценилась дороже, чем железо, и ее употребляли главным образом для рабочих частей железных изделий в виде

небольших пластинок. Значительно шире стал ассортимент изделий. Технический уровень добывания и обработки черных металлов и изготовления изделий был относительно высок и равен уровню древней Руси.

8. В результате нашествий немецких феодалов и подчиненности древней Латвии, в конце XIII в. добывание черных металлов и их обработка местным населением сильно уменьшились и пришли в полный упадок. Добывание и обработка черных металлов стали монополией немецких ремесленников.

---

## SATURA RĀDĪTĀJS — СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. Б. Васерман.</i> Пространственные колебания круговой арки при различном поведении нагрузки в процессе деформирования	7
<i>К. Ю. Мензин.</i> Об использовании координат системы Зольднера Латвийской ССР в геодезических съемочных работах	33
<i>К. К. Крейшман.</i> Защита деревянных конструкций от древоточцев	75
<i>Р. Я. Мергин.</i> Крупнопористый гравийный бетон и перспективы его применения в сельскохозяйственном строительстве Латвии	101
<i>П. Ю. Берзкалн.</i> Развитие основных типов малого дома городов Латвийской ССР от XVII до середины XX вв.	119
<i>А. Anteins.</i> Par melnā metala iegūšanu un apstrādāšanu senajā Latvijā Добыча и обработка черных металлов в древней Латвии	177

---



---

JT 04104. Papīra formats 60×92 cm. 12,75 iespiedloksnes. Metiens 520 eks.  
Iespiesta Izdevniecību, poligrāfiskās rūpniecības un grāmatu tirdzniecības  
Galvenās pārvaldes 8. tipografijā Rīgā, Dzirnau ielā 113. Tip. pas. 303.  
Bezmaksas izdevums



Раманītās kļūdas — Замеченные опечатки

Лpp. Стр.	Rinda Строка	Iespiests Напечатано	Jābūt Должно быть
28	1-ая снизу	$\frac{385}{512} - \frac{\theta_0}{\lambda f^*}$	$\frac{385}{512} \cdot \frac{\theta_0}{\lambda f^*}$
30	17-ая сверху	Поэтомy $f$ от $q$	Поэтомy зависимость $f$ от $q$
31	3-ья сверху	1834	1934
140	2-ая сверху	доходных однокомнатных домов	доходных домов
147	2-ая снизу	квартирах	кварталах
174	26-ая снизу	1788	1688
179	4. по аракšas	$Mn - 0,035 s$	$Mn - 0,035;$
182	9. attēls		Attēlam jābūt pagriezтам par $180^\circ$
190	23. attēls		Attēlam jābūt pagriezтам par $90^\circ$ pretēji pulksteņa rādītāja virzienam
194	27. attēls		Attēlam jābūt pagriezтам par $90^\circ$ pretēji pulksteņa rādītāja virzienam