ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С ВРЕЗАЮЩИМСЯ КОЛЬЦОМ И ШАРОВЫМ НИППЕЛЕМ

ГОСТ 20467—85

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Академией наук БССР
Государственным комитетом СССР по стандартам

ИСПОЛНИТЕЛИ

Е. К. Почтенный (руководитель темы), **Б. В. Максимовский, А. И. Журавель**

ВНЕСЕН Академией наук БССР

Гл. ученый секретарь Президиума АН БССР **В. А. Пилипович**

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 ноября 1985 г. № 3702

УДК 621.643.4.001.24 : 006.354 Группа Г02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

СОЕДИНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Оценка долговечности соединений с врезающимся кольцом и шаровым ниппелем

Fitting pipe connections. Durability estimation of connections with a cut ring and a ball nipple

ГОСТ 20467—85

Взамен ГОСТ 20467—75

ОКП 41 9300

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 ноября 1985 г. № 3702 срок введения установлен

с 01.01.87

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

1. Настоящий стандарт устанавливает общий метод вероятностного определения долговечности соединений трубопроводов с врезающимся кольцом и шаровым ниппелем, работающих в неагрессивной среде при температуре от минус 40 до плюс 120°С.

2. Оценку долговечности соединений необходимо проводить с заданной вероятностью неразрушения. Для соединений, выход из строя которых может привести к аварии, вероятность неразрушения не должна быть менее 0,999 при доверительной вероятности 0,99; для других соединений — не должна быть менее 0,99 при доверительной вероятности 0,95.

3. Оценка долговечности должна базироваться на сопоставлении вероятностных характеристик сопротивления усталости и характеристик эксплуатационной нагруженности по приведенной схеме.

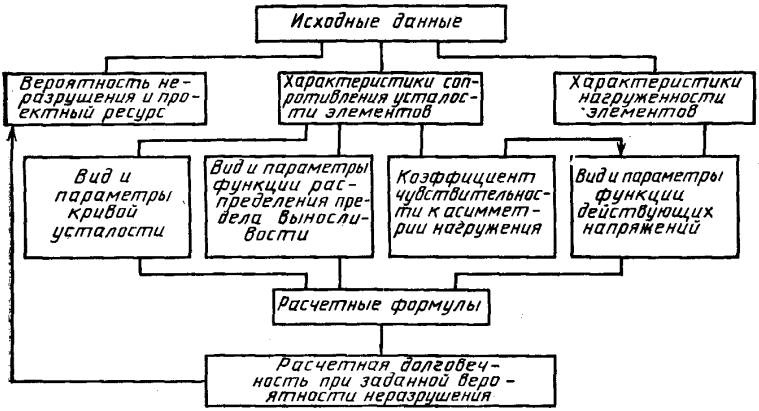
4. Контролю нагруженности и оценке долговечности следует подвергать штуцеры и трубы соединений с врезающимся кольцом, шаровые ниппели и штуцеры соединений с шаровым ниппелем.

5. Расчетными нагрузками соединений следует считать вызываемые вибрацией трубопроводов переменные изгибающие нагрузки. Контролю нагруженности с определением вида и параметров функции распределения действующих напряжений, приведенных к симметричному циклу, при испытаниях машин следует подвергать все соединения вибрирующих трубопроводов. Нагруженность соединений регистрируют при помощи тензорезисторов или других средств регистрации нагруженности, обеспечивающих не меньшую чем тензорезисторы точность определения напряжений

Издание официальное Перепечатка воспрещена

© Издательство стандартов, 1986

Схема оценки долговечности



в местах усталостного повреждения элементов соединений вибрирующих трубопроводов.

6. Характеристиками сопротивления усталости элементов соединений следует считать параметры уравнения кривой усталости и функции распределения значений предела выносливости, которые определяют при испытаниях соединений на усталость.

7. Полученные вероятностные оценки долговечности соединений трубопроводов характеризуют уровень надежности системы трубопроводов. Если при требуемой вероятности неразрушения расчетная долговечность меньше проектного ресурса, система трубопроводов требует доработки с целью снижения уровня вибраций или повышения сопротивления усталости соединений.

8. Уравнения кривых усталости и характеристики сопротивления усталости приведены в рекомендуемом приложении 1.

9. Методика определения характеристик сопротивления усталости элементов соединений дана в рекомендуемом приложении 2.

10. Методика определения характеристик нагруженности элементов соединений дана в рекомендуемом приложении 3.

11. Примеры оценки долговечности соединений трубопроводов приведены в рекомендуемом приложении 4.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

УРАВНЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ

1. Уравнения при постоянных параметрах циклического нагружения.

1.1. При постоянных параметрах циклического нагружения в качестве расчетного рекомендуется уравнение вида

$$N_r = \frac{Q}{\sigma} \ln\left\{1 + \left[\exp\left(\frac{\sigma - \sigma_{Rr}}{v_0}\right) - 1\right]^{-1}\right\},$$

где N_r — число циклов нагружений, соответствующее вероятности неразрушения r;

σ — максимальное напряжение цикла, МПа;

σ_{Rr} — предел выносливости при коэффициенте асимметрии R, соответствующий вероятности неразрушения r, МПа;

v_0 — коэффициент, МПа;

$Q = N_G \bar{\sigma}_R$ — коэффициент сопротивления усталости, МПа·цикл;

N_G — число циклов до точки нижнего перелома кривой усталости;

$\bar{\sigma}_R$ — среднее значение предела выносливости, МПа.

1.2. Частные значения предела выносливости рекомендуется определять с использованием уравнения

$$\sigma_{Rr} = \bar{\sigma}_{R\,\min} - t_r S_{\max}, \quad (t_r \geqslant 0),$$

где $\bar{\sigma}_{R\,\min}$ — нижнее значение доверительного интервала для выборочного среднего значения предела выносливости при заданной доверительной вероятности, МПа;

$S_{\max}$ — верхнее значение доверительного интервала для среднеквадратичного отклонения предела выносливости при заданной доверительной вероятности, МПа;

t_r — квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности неразрушения r и определяемая по таблице функции нормального распределения.

2. Уравнения при переменных параметрах циклического нагружения.

2.1. При переменных параметрах циклического нагружения оценку долговечности рекомендуется проводить по принципу суммирования усталостных повреждений с учетом снижения предела выносливости, исходя из ступенчатого (с числом ступеней не менее 8) нагрузочного блока и характеристик сопротивления усталости с использованием уравнения

$$N_\Sigma = \sum_{j=1}^{j=q} \Delta N_{\Sigma j} = \sum_{j=1}^{j=q} \left(1 / \sum_{i=1}^{i=k} \frac{\beta_i}{\Delta N_i}\right),$$

где q — число интервалов снижения предела выносливости, определяемое числом ступеней нагрузочного блока ниже начального значения предела выносливости;

k — текущее число ступеней напряжений нагрузочного блока выше текущего значения предела выносливости;

β_i — относительная продолжительность действия i-го напряжения в нагрузочном блоке;

ΔN_i — число циклов нагружений с напряжением σ_i, необходимое для снижения предела выносливости с σ_{Rj} до $\sigma_{R(j+1)}$, определяемое по формуле

$$\Delta N_i=\frac{Q_j}{\sigma_i}\ln\left\{1+\left[\exp\left(\frac{\sigma_i-\sigma_{Rj}}{v_0}\right)-1\right]^{-1}\right\}-$$

$$-\frac{Q_{j+1}}{\sigma_i}\ln\left\{1+\left[\exp\left(\frac{\sigma_i-\sigma_{R(j+1)}}{v_0}\right)-1\right]^{-1}\right\},$$

где $Q_j=N_G\sigma_{Rj}$ — коэффициент сопротивления усталости при значении предела выносливости σ_{Rj};

$Q_{j+1}=N_G\sigma_{R(j+1)}$ — коэффициент сопротивления усталости при значении предела выносливости $\sigma_{R(j+1)}$.

Примечание. Параметры кривой усталости N_G и v_0 при суммировании не зависят от текущего значения предела выносливости.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Рекомендуемое

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

1. Соединения трубопроводов испытывают в условиях совместного действия на них статического внутреннего давления жидкости, равного 1—1,25 рабочего, и симметричного ($R=-1$), а также от нулевого ($R=0$) циклического изгиба с постоянными параметрами циклов.

2. При симметричном циклическом изгибе ($R=-1$) испытывают выборку 10—15 соединений. Испытания начинают с напряжений в опасных сечениях элементов соединений ниже статического предела текучести. Критерием выхода соединения из строя является потеря герметичности из-за усталости.

3. От соединения к соединению амплитуду напряжений уменьшают ступенями в 10—20 МПа. Первоначально базу испытаний принимают равной 1—2 млн. циклов. После достижения этой базы проводят предварительную обработку экспериментальных данных с определением Q, v_0, N_G, $\overline{\sigma}_R$ и S. Если достигнутое при испытаниях максимальное число циклов до выхода соединения из строя больше N_G, выбранную базу испытаний считают достаточной. При невыполнении этого условия испытания продолжают при более низких уровнях напряжений до тех пор, когда максимальное число циклов до потери герметичности будет больше N_G.

4. При обработке экспериментального ряда значений N_i и σ_i используют метод наименьших квадратов и уравнение прямой

$$y_i=\overline{\sigma}_R+v_0 z_i, \qquad (1)$$

где $y_i=\sigma_i$;

$$z_i=\ln\left\{1+\left[\exp\left(\frac{N_i\sigma_i}{Q}\right)-1\right]^{-1}\right\}.$$

Обработку ведут следующим образом. Задают значение Q и затем определяют $\bar{\sigma}_R$ и v_0:

$$\bar{\sigma}_R = \frac{\left(\sum_{l=1}^{k} z_l^2\right)\left(\sum_{l=1}^{k} y_l\right) - \left(\sum_{l=1}^{k} y_l z_l\right) \cdot \left(\sum_{l=1}^{k} z_l\right)}{k\left(\sum_{l=1}^{k} z_l^2\right) - \left(\sum_{l=1}^{k} z_l\right)^2};$$

$$v_0 = \frac{k\left(\sum_{l=1}^{k} y_l z_l\right) - \left(\sum_{l=1}^{k} y_l\right)\left(\sum_{l=1}^{k} z_l\right)}{k\left(\sum_{l=1}^{k} z_l^2\right) - \left(\sum_{l=1}^{k} z_l\right)^2}.$$

По полученному значению v_0 и принятому значению Q из уравнения (1) определяют ряд значений σ_{Rl} и $\sum_{l=1}^{k}(\sigma_{Rl}-\bar{\sigma}_R)^2$. За искомое значение Q, а также значения σ_R и v_0 принимают расчетные значения, при которых $\sum_{l=1}^{k}(\sigma_{Rl}-\bar{\sigma}_R)^2=\min$. Кроме того, определяют N_G и S, а также доверительные интервалы для $\bar{\sigma}_R$ и S.

5. Испытания при отнулевом изгибе ($R=0$) ведут для определения чувствительности к асимметрии нагружения соединений. При планировании и анализе результатов испытаний руководствуются пп. 2, 3 и 4 настоящего приложения.

По результатам испытаний определяют Q, v_0, $\bar{\sigma}_R$, N_G и S.

Коэффициент чувствительности к асимметрии нагружения ψ определяют по формуле

$$\psi = \frac{2\bar{\sigma}_{R=-1}}{\bar{\sigma}_{R=0}} - 1.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СОЕДИНЕНИЙ

1. Нагруженность элементов соединений регистрируют путем осциллографических или магнитографических записей случайных процессов изменения напряжений в местах усталостного повреждения с помощью тензорезисторов. Регистрацию нагруженности проводят при испытаниях новых или модернизированных машин.

2. Регистрируемыми характеристиками цикла являются минимальное σ_{min} и следующее за ним максимальное σ_{max} напряжения цикла. Исходя из них, определяют среднее значение

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

и амплитуду цикла

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}.$$

3. Продолжительность регистрации должна полностью характеризовать нагруженность элементов соединений в течение технологического периода эксплуатации машины.

4. Для сокращения объема информации, характеризующей нагруженность элементов соединений, и упрощения расчетов циклы напряжений, схематизированные в соответствии с ГОСТ 25.101—83, приводят к эквивалентным по повреждению симметричным циклам. При приведении используют уравнения:

$$\sigma_i = \sigma_{ai} + \psi \sigma_{mi} \quad (\text{при } \sigma_{mi} > 0)$$

и

$$\sigma_i = \sigma_{ai} \qquad (\text{при } \sigma_{mi} \leqslant 0).$$

5. Приведенные напряжения располагают в убывающий вариационный ряд и для его статистической обработки используют экспоненциальное уравнение в записи:

$$\frac{n_l}{n_{бл}} = \exp\left(-\frac{\sigma_i - \breve{\sigma}}{\sigma_c}\right),$$

где σ_c — параметр экспоненты, МПа;

$\breve{\sigma}$ — минимальное напряжение вариационного ряда, МПа;

$n_{бл}$ — число приведенных напряжений в вариационном ряду, МПа;

n_i — порядковый номер напряжения σ_i в вариационном ряду.

6. Для определения параметров экспоненциального распределения приведенных напряжений рекомендуется использовать аппарат линейного регрессионного анализа. При этом обозначают $y_i = -\ln\frac{n_l}{n_{бл}}$, $x_i = \sigma_i$ и определяют:

среднее напряжение

$$\bar{x} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} x_i,$$

среднее значение логарифмов

$$\bar{y} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} y_i,$$

меру рассеяния по напряжениям

$$S_x=\sqrt{\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x})^2},$$

меру рассеяния по логарифмам

$$S_y=\sqrt{\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(y_i-\bar{y})^2},$$

коэффициент корреляции

$$\rho=\frac{\sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x})\cdot(y_i-\bar{y})}{k\cdot S_x\cdot S_y},$$

уравнение линии регрессии

$$y=\bar{y}+\rho\frac{S_y}{S_x}\cdot(x-\bar{x}).$$

Параметры распределения напряжений определяют по формулам:

$$a_c=\frac{S_x}{\rho\cdot S_y},$$

$$\breve{a}=\bar{x}-a_c\cdot\bar{y}.$$

7. В тех случаях, когда коэффициент корреляции существенно отличается от единицы, а при построении графика в системе координат $\sigma_i-\ln\frac{n_{бл}}{n_i}$ экспериментальные точки значимо отклоняются от прямолинейной зависимости, для описания распределения приведенных напряжений рекомендуется использовать уравнение Релея

$$\frac{n_i}{n_{бл}}=\exp\left(-\frac{\sigma_i^2-\breve{\sigma}^2}{B^2}\right),$$

где B — параметр уравнения, МПа. Параметры уравнения определяют по схеме п. 6 настоящего приложения. При этом $x_i=\sigma_i^2$.

$$B=\sqrt{\frac{S_x}{\rho S_y}},$$

$$\breve{\sigma}=\sqrt{\bar{x}-B^2\bar{y}}.$$

8. Для расчетов циклической долговечности воспроизводят ступенчатый нагрузочный блок с числом ступеней напряжений не менее восьми. Максимальное напряжение блока при экспоненциальном распределении равно

$$\hat{\sigma}=\breve{\sigma}+a_c\ln n_{бл},$$

а при распределении Релея

$$\hat{\sigma}=\sqrt{\breve{\sigma}^2+B^2\cdot\ln n_{бл}}.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

1. Расчет соединений при постоянных во времени параметрах циклического погружения.

1.1. Исходные данные — характеристики сопротивления усталости соединений с врезающимся кольцом:

$\bar{\sigma}_R=197{,}6$ МПа, $v_0=39{,}8$ МПа, $N_G=4{,}15\cdot10^5$ циклов, $\bar{\sigma}_{R\,min}=192{,}8$ МПа, $S_{max}=13{,}6$ МПа.

Требуется определить допустимый уровень напряжения, при котором обеспечивается долговечность не ниже 1,5 млн. циклов нагружений при вероятности неразрушения 0,99.

1.2. Из уравнения п. 1.2 приложения 1 определяют частное значение предела выносливости, соответствующее заданной вероятности неразрушения (0,99)

$$\sigma_{Rf}=192{,}8-2{,}327\cdot13{,}6=161{,}2\text{ МПа}.$$

1.3. Значение действующего напряжения σ, соответствующего циклической долговечности $N=1{,}5$ млн. циклов, определяют из уравнения п. 1.1 приложения 1

$$\frac{\sigma\cdot N}{\sigma_{Rf}\cdot N_G}=\ln\left\{1+\left[\exp\left(\frac{\sigma-\sigma_{Rf}}{v_0}\right)-1\right]^{-1}\right\}.$$

Получаем $\sigma=163$ МПа.

1.4. Таким образом, для обеспечения циклической долговечности $N=1{,}5$ млн. циклов соединений с врезающимся кольцом при вероятности неразрушения 0,99 требуется ограничить действующее напряжение значением 163 МПа.

2. РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ВО ВРЕМЕНИ РЕЖИМАХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

2.1. Исходные данные — действующие напряжения распределены экспоненциально во времени с параметрами: $\sigma_c=6{,}9$ МПа, $\sigma=18{,}9$ МПа, $\sigma=67{,}5$ МПа, $n_{бл}=1140$ циклов; характеристики сопротивления усталости соединений с шаровым ниппелем: $\bar{\sigma}_R=96{,}2$ МПа, $v_0=75{,}9$ МПа, $N_G=3{,}15\cdot10^5$ циклов, $\sigma_{Rmin}=90{,}7$ МПа, $S_{max}=15{,}3$ МПа.

Требуется оценить долговечность соединений при вероятности неразрушения 0,999:

а) из уравнения п. 1.2 приложения 1 определяют граничное значение предела выносливости, соответствующее заданной вероятности неразрушения (0,999)

$$\sigma_{Rf}=90{,}7-3{,}09\cdot15{,}3=43{,}4\text{ МПа};$$

б) из уравнения п. 2.1 приложения 1 определяют долговечность соединений (вычисления приведены в табл. 1).

Таблица 1

Циклическая долговечность соединений

σ_{R_j}, МПа	$Q_j \cdot 10^{-6}$, МПа · цикл	Число циклов N_i, тыс. циклов при напряжении на i-й ступени блока σ_i, МПа									ΔN_{Σ_j}, тыс. циклов
		67,5	62,1	56,7	51,3	45,9	40,5	35,1	29,7	24,3	
		относительной продолжительности действия σ_i в блоке, β_i									
		0,0009	0,0018	0,0035	0,007	0,0167	0,0351	0,0763	0,1675	0,6912	
43,4	13,6	262,3	333,2	438,5	613,5	1016,2					5396,7
39,5	12,4	216,0	270,9	349,0	468,5	679,4	1327,6				3859,7
34,1	10,7	163,7	202,6	256,0	332,8	451,8	664,5	1321,8			1772,0
28,7	9,01	122,2	149,9	186,9	238,3	313,2	431,2	645,6	1315,4		826,8
23,3	7,32	88,7	107,9	133,3	167,8	216,4	288,4	404,2	619,9	1306,2	780,1
											$N_\Sigma = \Sigma \Delta N_{\Sigma_j} =$ $= 12635{,}3$ тыс. циклов

Примечание. Экспоненциальное распределение заменено 9-ступенчатым нагрузочным блоком.

Таблица 2

Циклическая долговечность соединений

σ_{R_j}, МПа	$Q_j \cdot 10^{-6}$, МПа·цикл	Число циклов N_i, тыс. циклов при напряжении на i-й ступени блока σ_i, МПа									ΔN_{Σ_j}, тыс. циклов
		67,5	62,1	56,7	51,3	45,9	40,5	35,1	29,7	24,3	
		относительной продолжительности действия σ_i в блоке, β_i									
		0,0018	0,0035	0,0088	0,0202	0,0447	0,0860	0,1474	0,2237	0,464	
43,4	13,6	262,3	333,2	438,5	613,5	1016,2					2148,6
39,5	12,4	216,0	270,9	349,0	468,5	679,4	1327,6				1974,8
34,1	10,7	163,7	202,6	256,0	332,8	451,8	664,5	1321,8			735,3
28,7	9,01	122,2	149,9	186,9	238,3	313,2	431,2	645,6	1315,4		387,0
23,3	7,32	88,7	107,9	133,3	167,8	216,4	288,4	404,2	619,9	1306,2	548,1
											$N_\Sigma = \Sigma \Delta N_{\Sigma_j} =$ $= 5793{,}8$ тыс. циклов

Примечание. Распределение Релея заменено 9-ступенчатым нагрузочным блоком.

Получаем N_r=12 635,3 тыс. циклов;

в) учитывая, что в блоке 1140 циклов, выразим долговечность соединений в технологических периодах работы машины

$$L=\frac{N_r}{n_{бл}}=\frac{12\,635\,300}{1140}=11\,083 \text{ технологических периодов.}$$

2.2. Исходные данные — действующие напряжения распределены во времени по функции Релея с параметрами: B=24,4 МПа, $\breve{\sigma}$=18,9 МПа, $n_{бл}$= =1140 циклов, $\hat{\sigma}$=67,5 МПа; характеристики сопротивления усталости соединений с шаровым ниппелем $\bar{\sigma}_R$=96,2 МПа, v_0=75,9 МПа, $N_G=3{,}15\cdot10^5$ циклов, $\bar{\sigma}_{Rmin}$=90,7 МПа, S_{max}=15,3 МПа.

Требуется оценить долговечность соединений при вероятности неразрушения 0,999:

а) из уравнения п. 1.2 приложения 1 определяют граничное значение предела выносливости, соответствующее заданной вероятности неразрушения (0,999)

$$\sigma_{Rr}=90{,}7-3{,}09\cdot15{,}3=43{,}4 \text{ МПа;}$$

б) из уравнения п. 2.1 приложения 1 определяют долговечность соединений (вычисления приведены в табл. 2).

Получаем N_r=5793,8 тыс. циклов;

в) учитывая, что в блоке 1140 циклов, выразим долговечность соединений в технологических периодах работы машины

$$L=\frac{N_r}{n_{бл}}=\frac{5\,793\,800}{1140}=5082 \text{ технологических периодов.}$$

Редактор *В. П. Огурцов*
Технический редактор *Н. П. Замолодчикова*
Корректор *А. Г. Старостин*

gost.e-ecolog.ru

2.12.85 Подп. к печ. 21.01.86 1,0 усл. п. л. 1,0 усл. кр.-отт. 0,75 уч.-изд. л.
Тир. 25 000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник», Москва, Лялин пер., 6. Зак. 1572