РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Центральным научно-исследовательским и проектно-конструкторским котлотурбинным институтом им. И. И. Ползунова

Директор	МАРКОВ Н. М.
Заведующий базовым отраслевым отделом стандартизации	БАРАНОВ А. П
Заведующий котельным отделом	МИХАЙЛОВ Г. С.
Руководитель темы и исполнитель	КОСТОВЕЦКИЙ Д. Л.

ПОДГОТОВЛЕН К УТВЕРЖДЕНИЮ Главным управлением атомного машиностроения и котлостроения Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения

Главный инженер	САПОЖНИКОВ А. И.

УТВЕРЖДЕН Министерством тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения

Заместитель министра	СИРЫЙ П. О.

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.311.22:621.643 (083.75)

Группа Е20

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

ВЫБОР УПРУГИХ ОПОР ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

РТМ 24.038.12—72

Указанием Министерства тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения от 7 декабря 1972 г. № ПС-002 22286 срок введения установлен

с 1 октября 1973 г.

Промежуточные опоры применяют в трубопроводах для защиты их и оборудования, к которому они присоединены, от действия весовой нагрузки*. Они могут быть различных типов: защемляющие (неподвижные), скользящие, направляющие, упругие.

В трубопроводах, транспортирующих среду с высокими рабочими параметрами, применяют в основном упругие опоры. Последние выполняются обычно в виде пружинных подвесок. Иногда используют шарико-пружинные и катково-пружинные упругие опоры.

Задача правильного выбора промежуточных упругих опор сводится в сущности к рациональному выбору пружин для них, поскольку именно набором пружин получают необходимые технические характеристики опоры.

Настоящий РТМ определяет методику выбора пружин для упругих опор трубопроводов тепловых и атомных электростанций.

Выбор упругих опор основывается на расчетном анализе прочности трубопровода и передаваемых им нагрузок на оборудование. Этот анализ должен удовлетворять требованиям РТМ 24.038.08—72.

* В некоторых случаях промежуточные опоры используются для ограничения температурных перемещений трубопровода, для устранения вибрации и т. д.

Издание официальное

Перепечатка воспрещена

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$P_р$ — рабочая нагрузка упругой опоры (нагрузка опоры в рабочем состоянии трубопровода), *кгс*;

$P_х$ — нагрузка упругой опоры в холодном состоянии трубопровода, *кгс*;

n — число пружинных цепей в опоре ($n=1; 2$);

$k_у$ — жесткость условных опор очень большой жесткости, вводимых в расчет по определению рабочих нагрузок опор, *кгс/см*;

$k_ц$ — жесткость пружинной цепи, *кгс/см*;

Z — структура пружинной цепи;

Δ — задаваемое изменение нагрузки опоры при переходе трубопровода из рабочего состояния в холодное, %;

λ — вертикальное температурное перемещение трубопровода в точке установки опоры, вычисляемое с учетом влияния промежуточных упругих опор (т. е. перемещение при переходе трубопровода из холодного состояния в рабочее), *см*;

P_{max} — максимальная допустимая нагрузка пружины, *кгс*;

λ_{max} — осадка пружины под нагрузкой P_{max}, *мм*;

$\Delta_{х1}$, $\Delta_{х2}$ — затяжки пружин опор в холодном состоянии трубопровода, *см*;

$\Delta_{р1}$, $\Delta_{р2}$ — осадки пружин опор в рабочем состоянии трубопровода, *см*.

2. СВЕДЕНИЯ О ПРУЖИНАХ ОПОР

2.1. В настоящее время пружины для опор трубопроводов тепловых и атомных электростанций изготавливают по отраслевой нормали МВН 049—63. Определенные этим документом сортамент и основные технические показатели пружин представлены в табл. 1 приложения.

В ближайшие годы начнется выпуск пружин для опор трубопроводов по новой отраслевой нормали ОН 24—3—188—67. Технические характеристики пружин, устанавливаемые этим стандартом, содержатся в табл. 2 приложения.

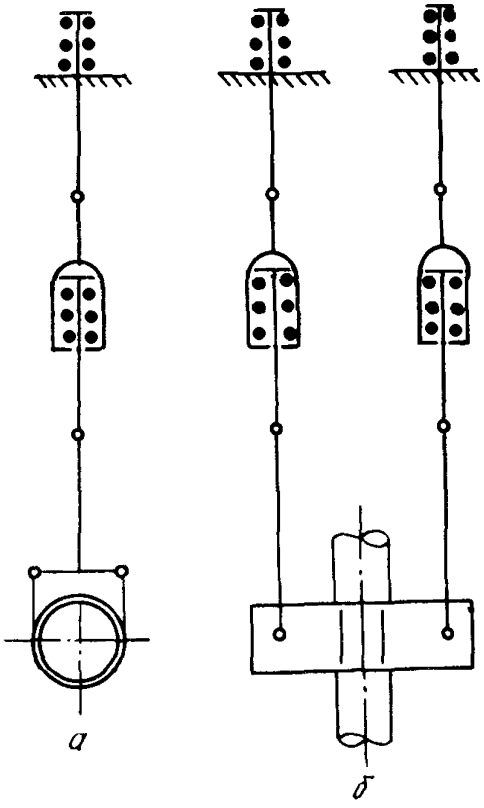
2.2. Как видно из табл. 1 и 2 приложения, все пружины делятся на две группы: группе 1 соответствует $\lambda_{max}=70$ *мм*, группе 2 $\lambda_{max}=140$ *мм*. Каждому значению нагрузки P_{max} соответствует две пружины; одна из них принадлежит группе 2, а другая — группе 1, причем пружина группы 2 имеет жесткость вдвое меньшую, чем пружина группы 1 (например, пружины 01 и 11, 02 и 12 нормали МВН 049—63; пружины 01 и 13, 02 и 14 нормали ОН 24—3—188—67.

2.3. Фактические значения податливости пружин опор могут значительно отличаться от номинальных. По нормали МВН 049—63 допуск на податливость лежит в пределах $\pm(10\div14)$ %,

а по ОН 24—3—188—67 — в пределах ±(10÷12)%. Высота пружин в свободном состоянии может отличаться от номинальной на величину от минус 4 до плюс 15% для пружин группы 2 и на величину от минус 2 до плюс 8% для пружин группы 1 (нормаль МВН 049—63). Аналогичные допуски по ОН 24—3—188—67 имеют значения: от минус 5 до плюс 11% и от минус 2 до плюс 7%.

2.4. Промежуточные упругие опоры трубопроводов выполняются с одной или двумя пружинными цепями (черт. 1). Количество пружинных цепей определяется проектировщиком с учетом условий размещения.

Пружинные подвески трубопроводов



а — с одной пружинной цепью; *б* — с двумя пружинными цепями

Черт. 1

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ НАГРУЗОК ОПОР

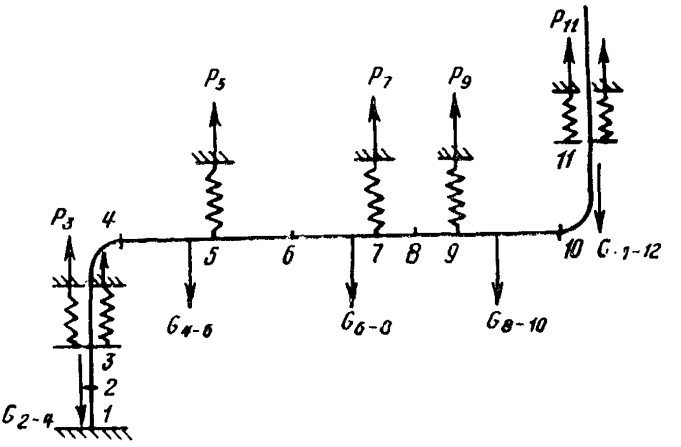
3.1. Определение рабочих нагрузок опор (т. е. нагрузок их в рабочем состоянии трубопровода) — это отправной пункт расчетов по выбору промежуточных упругих опор.

Принимается следующий критерий правильного определения рабочих нагрузок опор, который может быть назван «критерием минимума напряжений от весовой нагрузки»: рабочие нагрузки

опор должны сводить к минимуму напряжения в трубопроводе от действия весовой нагрузки *. Этот критерий не приводит к оптимальному результату, однако он имеет рациональную основу (особенно применительно к трубопроводам, рабочая температура которых вызывает ползучесть металла).

3.2. Рассмотрим простейший способ определения рабочих нагрузок опор $P_р$, приближенно удовлетворяющий критерию минимума напряжений от весовой нагрузки («способ уравновешивания весовой нагрузки по пролетам»). Согласно этому способу рабочая нагрузка принимается равной полусумме весов пролетов трубопровода, заключенных между данной опорой и ближайшими к ней опорами с той и другой стороны ($P_{р3}=G_{2-4}$; $P_{р5}=G_{4-6}$ и т. д., см. черт. 2). Однако применение способа уравновешивания весовой нагрузки по пролетам не всегда дает достаточно хорошие результаты по сведению к минимуму напряжений в трубопроводе от весовой нагрузки.

Уравновешивание весовой нагрузки упругими опорами



Черт. 2

3.3. Гораздо лучшие результаты дает способ вычисления рабочих нагрузок опор, предусматривающий определение их из уравнений строительной механики, выражающих условие равенства нулю вертикальных перемещений трубопровода в точках установки опор при совместном действии весовой нагрузки и рабочих нагрузок опор. Этот способ («способ нулевых перемещений от весовой нагрузки») требует применения ЭЦВМ. При этом могут быть ис-

* Предполагается, что места установки опор заданы (они выбираются проектировщиком с учетом условий их размещения). Из анализа результатов расчетов по выбору опор может выявиться потребность изменения расстановки опор.

пользованы существующие программы проверочного расчета прочности трубопроводов, т. е. программы, не предусматривающие выбор опор.

3.4. Задача решается сравнительно просто при использовании программы расчета трубопроводов, учитывающей промежуточные упругие опоры. При применении такой программы рабочие нагрузки опор определяются по способу, который может быть назван «способом условных упругих опор большой жесткости» и представляет собой модификацию «способа нулевых перемещений от весовой нагрузки». Выполняется расчет трубопровода на действие весовой нагрузки с введением для точек, где намечена установка упругих опор, условных опор очень большой жесткости. Жесткость условных опор рекомендуется принимать $k_y > 10\,000$ *кгс/см*. Температура нагрева, монтажная растяжка и смещения защемляющих опор принимаются равными нулю. Для модуля упругости принимается значение, соответствующее рабочей температуре трубопровода. Рабочая нагрузка опоры вычисляется умножением полученного в этом расчете вертикального перемещения в точке, где установлена опора, на принятую жесткость k_y. Чем больше значение k_y, тем меньше будут прогибы трубопровода под действием весовой нагрузки и тем правильнее будут определены рабочие нагрузки опор. Однако при очень больших значениях k_y может возникнуть потеря точности расчета *.

Способ условных упругих опор большой жесткости удобен для реализации в программах расчета трубопроводов с выбором упругих опор. Он реализован в программах: У-66 для ЭЦВМ «Урал-2»; М-68 и М-71 для ЭЦВМ «Минск-22»; «Нева» для ЭЦВМ М-220; Т-01 для ЭЦВМ БЭСМ-4 **.

3.5. Область применения способа уравновешивания весовой нагрузки по пролетам должна быть ограничена малоответственными трубопроводами, для расчета которых не применяются ЭЦВМ, тогда как способ нулевых перемещений от весовой нагрузки целесообразно применять при проектировании ответственных трубопроводов.

3.6. Результаты определения рабочих нагрузок опор по рассмотренным методикам иногда нуждаются в корректировке. Потребность в последней возникает, например, в том случае, когда полученные в расчете усилия от трубопровода на оборудование оказываются чрезмерно большими, но они могут быть уменьшены изменением рабочих нагрузок опор.

---

* При применении программ М-68, М-71, Т-01 можно принимать $k_y = 50\,000$ *кгс см* и более.

** Программа У-66 разработана в ЦКТИ, программа М-68 — в ЦКТИ с участием института математики АН БССР. Программа М-71 является модификацией программы М-68 с усовершенствованиями, внесенными Харьковским отделением Теплоэлектропроекта. Программы «Нева» и Т-01 разработаны соответственно во ВНИИГ и ГИКП.

3.7. Рабочие нагрузки упругих опор определяются без учета веса воды при гидравлических испытаниях трубопровода (см. п. 3-5-1 «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», М., Изд-во «Недра», 1970).

4. СПОСОБЫ ВЫБОРА ПРУЖИН ДЛЯ ОПОР

4.1. Введем понятие о структуре пружинной цепи. Если каждую из пружин, входящих в пружинную цепь опоры, обозначить числом, выражающим группу, к которой она принадлежит (т. е. числом 1 или 2), а затем эти числовые обозначения всех пружин просуммировать, то получим значение структуры пружинной цепи. Будем обозначать эту величину символом Z.

Допустим, например, что пружинная цепь состоит из пружин 03, 03, 13 (по нормали МВН 049—63). Структура ее $Z=2+2+1=5$.

Пружинная цепь является вполне определенной, если она задана структурой Z и максимальной нагрузкой P_{max} (последняя принимается одинаковой для всех пружин, входящих в данную пружинную цепь).

4.2. Совокупность пружин для опоры удобно подбирать по максимальной эксплуатационной нагрузке и потребной жесткости опоры. Жесткость опоры должна приниматься такой, чтобы обеспечивалась достаточно умеренная величина изменения нагрузки опор при переходе трубопровода из рабочего состояния в холодное. При этом нельзя допускать, чтобы опоры оказались излишне податливыми, так как это приводит к перерасходу пружин и затрудняет размещение и монтаж опор.

4.3. Для выбора пружинных цепей по нагрузке и жесткости служат таблицы жесткостей пружинных цепей (см. табл. 1 и 3). Они содержат значения жесткости для всех практически возможных вариантов пружинных цепей. Табл. 2 и 4 служат для удобства перевода структуры пружинной цепи, соответствующей данной максимальной нагрузке, в индексацию по отраслевой нормали.

4.4. Предложенные ЦКТИ алгоритмы, определяющие порядок проведения расчета по выбору пружин для упругих опор трубопроводов

4.4.1. При непрямом способе опоры подбираются по принципу обеспечения заданного достаточно небольшого изменения нагрузки при переходе трубопровода из рабочего состояния в холодное. Изменение нагрузки выражается соотношением

$$\Delta = 100 \cdot \frac{P_x - P_p}{P_p} \%, \qquad (1)$$

где P_x — нагрузка на опору в холодном состоянии трубопровода. Если величина Δ достаточно мала, то принимается, что напряже-

Таблица 1

Жесткости пружинных цепей $k_ц$, *кгс/см*
(пружины по МВН 049—63)

Структура цепи Z	P_{max}, *кгс*											
	97	197	292	514 (450)	815	1155	1562 (1500)	2050	2420	3420	4620 (4500)	5720 (5500)
1	13,86	28,2	41,8	73,4	116,4	165	223,2	292,4	346	488	660	818
2	6,93	14,1	20,9	36,7	58,2	82,5	111,6	146,2	172,9	244	330	409
3 = 2+1	4,62	9,40	13,94	24,5	38,8	55,0	74,4	97,6	115,2	162,6	220	273
4 = 2 : 2	3,47	7,05	10,44	18,34	29,1	41,2	55,8	73,2	86,4	122	165	205
5 = 2 : 2 : 1	2,77	5,64	8,36	14,68	23,3	33,0	44,6	58,6	69,1	97,5	132	163,6
6 = 2+2+2	2,31	4,69	6,96	12,22	19,38	27,5	37,2	48,8	57,6	81,2	109,8	136,1
7 = 2+2+2 : 1	1,982	4,03	5,97	10,7	16,65	23,6	31,9	41,9	49,4	69,8	94,3	117,0
8 = 2 : 2 : 2 : 2	1,731	3,52	5,22	9,17	14,55	20,6	27,9	36,6	43,2	61,0	82,4	102,1
9 = 2 : 2 : 2+2 : 1	1,539	3,13	4,64	8,15	12,91	18,31	24,8	32,5	38,4	54,2	73,2	90,7
10 = 2+2 : 2+2 : 2	1,386	2,82	4,18	7,34	11,64	16,5	22,3	29,3	34,6	48,8	66,0	81,8

Таблица 2

Обозначения пружин по МВН 049—63

Группа	P_{max}, *кгс*											
	97	197	292	514 (450)	815	1155	1562 (1500)	2050	2420	3420	4620 (4500)	5720 (5500)
2	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	21	22
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	24	25

Таблица 3

Жесткости пружинных цепей $k_{ц}$, *кгс/см* (пружины по ОН 24—3—188—67)

Структура цепи Z	P_{max}, *кгс*											
	128	278	534	816	1190	1666	2005	2686	3325	4080	4955	5960
1	18,8	39,7	76,3	116,6	170,0	238	286	384	475	583	708	851
2	9,14	19,8	38,2	58,3	85,0	119	143,2	191,9	237	292	354	426
3=2−1	6,09	13,24	25,4	38,9	56,7	79,3	95,5	127,9	145	194,3	236	284
4 2+2	4,57	9,93	19,1	29,2	42,5	59,5	71,6	95,9	118,8	145,7	176,9	213
5=2·2+1	3,66	7,94	15,3	23,3	34,0	47,6	57,3	76,7	95,0	116,6	141,6	170,3
6=2+2+2	3,05	6,62	12,7	19,43	28,3	39,7	47,7	63,9	79,2	97,2	117,9	141,9
7=2+2+2+1	2,61	5,67	10,9	16,65	24,3	34,0	40,9	54,8	67,8	83,3	101,1	121,6
8=2+2+2+2	2,29	4,96	9,54	14,67	21,2	29,8	35,8	48,0	59,4	72,9	88,5	106,4
9 2+2+2+2+1	2,03	4,41	8,48	12,95	18,88	26,4	31,8	42,6	52,8	64,8	78,6	94,6
10=2+2+2+2+2	1,83	3,97	7,63	11,66	17,0	23,8	28,6	38,4	47,5	58,3	70,8	85,1

Таблица 4

Обозначения пружин по ОН 24—3—188—67

Группа	P_{max}, *кгс*											
	128	278	534	816	1190	1666	2005	2686	3325	4080	4955	5960
2	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

ния и усилия в трубопроводе в холодном состоянии от весовой нагрузки окажутся в приемлемых границах.

Выбор пружинных цепей для опор производится последовательными приближениями.

В первом приближении для каждой упругой опоры определяется наибольшая нагрузка пружинной цепи по формуле

$$P_{\text{ц}}^{(1)} = m\frac{P_{\text{р}}}{n},$$

где m — коэффициент запаса по нагрузке (см. п. 4.8);

n — число пружинных цепей в опоре ($n=1$; 2).

По значению $P_{\text{ц}}^{(1)}$ из таблицы жесткостей пружинных цепей выбираются наиболее жесткие пружинные цепи (верхняя строка таблицы). Поскольку $P_{\text{ц}}^{(1)}$ может не совпадать ни с одним из табличных значений $P_{\max}$, то пружинная цепь принимается по ближайшему бóльшему значению $P_{\max}$.

Во втором приближении пружины подбираются в следующем порядке. Вычисляются для всех опор трубопровода величины:

$$\left.\begin{aligned} P_{\text{ц}}^{(2)} &= m\left(1+\frac{\Delta}{100}\right)\frac{P_{\text{р}}}{n} \quad \text{при } \lambda^{(1)} > 0; \\ P_{\text{ц}}^{(2)} &= m\frac{P_{\text{р}}}{n} \quad \text{при } \lambda^{(1)} \leqslant 0; \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

$$k_{\text{ц}}^{(2)} = \frac{\Delta}{100}\cdot\frac{P_{\text{р}}}{|\lambda^{(1)}|\,n}. \tag{3}$$

Здесь $\lambda^{(1)}$ — вертикальное перемещение трубопровода при нагреве в точке установки опоры, вычисленное с учетом влияния опор, выбранных в первом приближении;

Δ — задаваемое изменение нагрузки на опору при переходе трубопровода из горячего состояния в холодное.

Вертикальное перемещение трубопровода при нагреве (температурное перемещение), направленное вверх, считается положительным; перемещение, направленное вниз, считается отрицательным.

Заметим, что температурные перемещения с учетом влияния опор, выбранных в первом приближении, определяются в расчете трубопровода на нагрев (на компенсацию) с введением жесткостей $k_{\text{ц}}^{(1)}\,n$ опор, выбранных в первом приближении. В этом расчете весовая нагрузка, усилия упругих опор и монтажная растяжка должны быть приняты равными нулю.

Формулы (2) выражают величину максимальной эксплуатационной нагрузки на пружинную цепь. Первая формула, вытекающая из формулы (1), дает значение нагрузки пружинной цепи в холодном состоянии. Формула (3) определяет жесткость пружинной цепи, необходимую для обеспечения заданного изменения Δ нагрузки.

По значениям $P_{ц}^{(2)}$ и $k_{ц0}^{(2)}$ снова выбираются по той же таблице пружинные цепи. Поскольку значения $P_{ц}^{(2)}$ и $k_{ц0}^{(2)}$ не совпадают с табличными значениями P_{max} и $k_{ц}$, то пружинная цепь выбирается по ближайшему бо́льшему значению P_{max} и ближайшему меньшему значению $k_{ц}$.

Далее снова производится расчет трубопровода на нагрев с учетом выбранных во втором приближении опор. Затем выбираются пружинные цепи в третьем приближении и т. д.

Рассмотренный процесс последовательных приближений является сходящимся, т. е., начиная с некоторого приближения, будут выбираться одни и те же пружинные цепи. Сходимость наступает обычно на четвертом-пятом приближении. Опыт показывает, однако, что на практике достаточно ограничиваться двумятремя приближениями, поскольку последующие приближения не приводят к существенному изменению пружинных цепей.

Практическое применение изложенной методики выбора опор свидетельствует о том, что в большинстве случаев принятие изменения нагрузки $\Delta=35\%$ дает вполне удовлетворительные результаты. Для трубопроводов, присоединяемых к оборудованию, чувствительному к воздействию усилий от трубопроводов (турбина, насос и т. д.), рекомендуется принимать $\Delta<35\%$.

4.4.2. При прямом способе предусматривается оценка правильности выбора опор путем непосредственного анализа результатов расчета трубопровода для холодного состояния; если напряжения и усилия воздействия на оборудование не выходят за пределы допустимых значений, то принятые опоры считаются выбранными правильно. Для удовлетворения этому критерию требуется ряд последовательных приближений. Выбор опор в приближениях можно производить в таком же порядке, как и при непрямом способе, однако после каждого приближения производится расчет для холодного состояния; если расчет показывает, что напряжения и усилия не превосходят допустимых значений, процесс последовательных приближений заканчивается.

4.4.3. В настоящее время затруднительно сопоставить оба способа по эффективности: недостаточен опыт практического применения их.

4.4.4. Рассмотренные алгоритмы выбора опор рассчитаны на применение ЭЦВМ. Действительно, они требуют проведения многократных расчетов трубопровода. В изложенной форме они удобны для реализации в программах полного расчета трубопроводов с выбором упругих опор. Непрямой способ реализован в программах У-66 и в программе «Нева», оба способа реализованы в программах М-68, М-71 и Т-01. В той или иной модификации эти способы могут быть применены при выборе опор с использованием существующих программ проверочного расчета трубопроводов, не приспособленных специально для выбора опор. При этом отыскание пружинных цепей для данного приближения по табл. 1, 2 или 3, 4

производится вручную, а расчеты температурных перемещений трубопровода или расчет его для холодного состояния — на ЭЦВМ по программе проверочного расчета.

4.5. В некоторых случаях может возникнуть необходимость корректировки выбора опор в связи с особенностями трубопровода и конкретными требованиями (ограничение вертикальных температурных перемещений на некоторых участках трубопровода, уменьшение жесткости некоторых опор с целью понижения опрокидывающего момента, действующего на оборудование, и т. д.).

4.6. При любом способе выбора упругих опор (в том числе отличающихся от приведенных в подразделе 4.4) и при любой внесенной корректировке правильность выбора пружинных цепей должна проверяться по результатам расчета прочности трубопровода согласно РТМ 24.038.08—72. Напряжения и усилия не должны превышать допустимых значений. Кроме того, выбранные опоры должны «проходить» по нагрузке для холодного состояния. Последняя определяется по формуле

$$P_{\text{х}} = P_{\text{р}} + \lambda k_{\text{ц}} n', \qquad (4)$$

где λ — вертикальное температурное перемещение трубопровода, вычисленное с учетом влияния выбранных промежуточных опор.

4.7. Рассмотрим простой способ выбора опор, который может использоваться для неответственных трубопроводов, не требующих тщательного расчетного анализа с привлечением ЭЦВМ *. Допустим, определены рабочие нагрузки опор и температурные перемещения трубопровода без учета влияния упругих опор (из расчета на «чистую» самокомпенсацию температурных расширений). По этим величинам, используя формулы (2) и (3), определяют максимальные эксплуатационные нагрузки опор и жесткости пружинных цепей. Затем по табл. 1 или 3 выбираются пружинные цепи.

Выбор пружинных цепей для опор указанных трубопроводов можно производить также с помощью диаграмм (черт. 2—5 приложения), при построении которых принимались значения: $\Delta = 35\%$, $m = 1$. На диаграммах $P_{\text{ц.р}}$, $P_{\text{ц.х}}$ — нагрузки на одну пружинную цепь в рабочем и холодном состояниях трубопровода.

4.8. Коэффициент запаса по нагрузке $m = 1 \div 1{,}3$. Конкретное значение выбирается с учетом опыта проектирования, монтажа и наладки трубопроводов. В большинстве случаев можно принимать $m = 1$. Следует учитывать, что при $m > 1$ увеличиваются количество пружин в опоре и общая высота пружинной цепи.

В том случае, когда в точке установки упругой опоры вертикальное температурное перемещение трубопровода направлено

---

* К неответственным трубопроводам можно относить трубопроводы категорий 3 и 4 по «Правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды». М., Изд-во «Недра», 1970.

вниз, коэффициент запаса m для такой опоры желательно принимать увеличенным на 15%.

4.9. Если в опорах предусматривается применение блоков пружин по нормалям МВН 045—63, МВН 1867—65 и МВН 1785—64, то при выборе пружин для этих опор в качестве значений P_{max} следует принимать максимально допустимые нагрузки для блоков пружин (в табл. 1 они указаны в скобках).

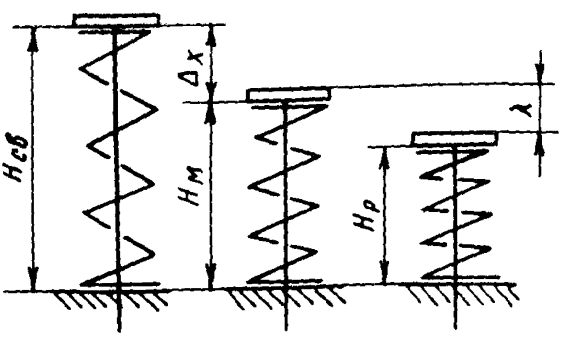
5. РАСЧЕТ ЗАТЯЖКИ ПРУЖИН ОПОР

5.1. Величина затяжки пружин упругих опор, которая должна быть произведена на подготовленном к эксплуатации трубопроводе, определяется по следующим формулам: *

$$\Delta_{x1} = \frac{P_x}{nk_{ц}Z}; \quad \Delta_{x2} = 2\Delta_{x1}. \tag{5}$$

Здесь Δ_{x1}, Δ_{x2} — затяжка пружин групп 1 и 2 соответственно (см. черт. 3).

Пружина опоры в разных состояниях при перемещении сечения трубопровода вниз



Черт. 3

Предполагается, что нагрузки опор в холодном состоянии P_x определяются по формуле (4). Если это условие соблюдается, то определенная указанным образом затяжка опор обеспечивает реализацию принятых рабочих нагрузок в рабочем состоянии трубопровода.

5.2. Осадка пружин в рабочем состоянии вычисляется по формулам:

* Вопросы выполнения затяжки пружин, относящиеся к монтажу и наладке трубопроводов

$$\Delta_{p1} = \frac{P_p}{nk_ц Z}; \quad \Delta_{p2} = 2\Delta_{p1}. \qquad (6)$$

Значения Δ_{p1}, Δ_{p2} могут использоваться для контроля правильности работы опор: они должны совпадать с замеренными в рабочем состоянии осадками пружин.

Формулы (5) и (6) удобны для реализации в программах расчета трубопроводов.

5.3. Расчет затяжки пружин опор вручную рекомендуется выполнять в специальном расчетном бланке (табл. 5), где $H_{св}$, $H_х$, $H_р$ — высоты пружины в свободном, холодном и рабочем состояниях. В графах 11, 15, 20, 22 табл. 5 содержатся результаты расчетов для пружин группы 1, а в графах 12, 16, 21, 23 — для пружин группы 2.

5.4. Для неответственных трубопроводов, когда значения температурных перемещений с учетом влияния промежуточных упругих опор неизвестны, расчет затяжки пружин опор можно выполнять по изложенной методике, принимая в качестве величины λ перемещение, определяемое в расчете трубопровода на компенсацию без учета влияния упругих опор.

5.5. Иногда возникает необходимость проведения расчета затяжки пружин опор по фактическим значениям их жесткости и высоты в свободном состоянии. В этом случае жесткость пружинной цепи вычисляется по формулам:

$$k_ц = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad \text{(две пружины в цепи)};$$

$$k_ц = \frac{k_1 k_2 k_3}{k_1 k_2 + k_2 k_3 + k_3 k_1} \quad \text{(три пружины в цепи)};$$

$$k_ц = \frac{k_1 k_2 k_3 k_4}{k_1 k_2 k_3 + k_1 k_2 k_4 + k_1 k_3 k_4 + k_2 k_3 k_4} \quad \text{(четыре пружины в цепи)},$$

где k_1, k_2, ... — фактические жесткости пружин, входящих в данную пружинную цепь.

Расчет затяжки в этом случае рекомендуется выполнять в ином расчетном бланке (табл. 6). Здесь приняты обозначения: $P_р^{(1)}$, $P_х^{(1)}$ — нагрузки на одну пружинную цепь в рабочем и холодном состояниях; $k_п$ — жесткость пружины; k — жесткость опоры. Расчет для каждой пружины данной пружинной цепи располагается в отдельной строке.

5.6. При выполнении расчета затяжки пружин опор следует проверять выполнение условий: $\Delta_р \leqslant \lambda_{max}$; $\Delta_х \leqslant \lambda_{max}$.

Если значение $\Delta_х$ получается отрицательным, то это свидетельствует либо о недостаточной нагруженности опоры в рабочем состоянии, либо о недостаточной ее податливости. В этом случае требуется соответствующая корректировка проектных решений.

Таблица 5

Бланк расчета затяжки пружин опор

Трубопровод _____ Участок _____

Номер опоры	Пружинная цепь	Структура пружинной цепи Z	l_{max}, *кгс*	f_{max}, *мм*	$k_ц$, *кгс/мм*	n	$k_ц n$, *кгс/мм*	$Zk_ц n$	$P_р$, *кгс*	$\Delta_р$, *мм* (10)/(9)	$\Delta_р$, *мм* 2·(11)	$H_{св}$, *мм*	$H_р$ $H_{св}$ — $\Delta_р$, *мм*		λ, *мм*	$\lambda \cdot (8)$, *кгс*	$P_х$ (10)+(18), *кгс*	$\Delta_х$, *мм* (19)/(9)	$\Delta_х$, *мм* 2·(20)	$H_х$ $H_{св}$ — $\Delta_х$, *мм*	
										Группа											
										1	2	1	2	1	2				1	2	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Таблица 6

Бланк расчета затяжки пружин опор

Трубопровод_____ Участок_____

Номер опоры	Пружинная цепь	P_{max}, *кгс*	λ_{max}, *мм*	$k_п$, *кгс/мм*	$k_ц$, *кгс/мм*	$H_{св}$, *мм*	n	$k=(6)\cdot(8)$, *кгс/мм*	$P_р$, *кгс*	$P_р^{(1)}=\frac{(10)}{(8)}$, *кгс*	λ, *мм*	$\Delta_р=\frac{(11)}{(5)}$, *мм*	$H_р=(7)-(13)$, *мм*	$\Delta P=(9)\cdot(12)$, *кгс*	$P_x=(10)-(15)$, *кгс*	$P_x^{(1)}=\frac{(16)}{(8)}$, *кгс*	$\Delta_x=\frac{(17)}{(5)}$, *мм*	$H_x=(7)-(18)$, *мм*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

ПРИЛОЖЕНИЕ К РТМ 24.038.12—72

Справочное

Таблица 1

ПРУЖИНЫ ПО МВН 049—63

Группа	Индекс по МВН	λ_{max}, *мм*	P_{max}, *кгс*	Диаметр прутка, *мм*	Наружный диаметр пружины, *мм*	Высота пружины в свободном состоянии $H_{св}$, *мм*	Число витков	
							рабочее	полное
2	01	140	97	7	80	242	9	11
	02		197	9		303	13	15
	03		292	10		322	14	16
	04		514	12		394	18	20
	05		815	16	120	345	10	12
	06		1155	18		405	12	14
	07		1562	22	160	373	8	10
	08		2050	24		413	9	11
	09		2420	26		497	11	13
	10		3420	30	176	507	10	12
	21		4620	32		543	10	12
	22		5720	36	210	473	7	9
	23		6400	40	240	515	7	9
1	11	70	97	7	80	126	4,5	6,5
	12		197	9		158	6,5	8,5
	13		292	10		168	7	9
	14		514	12		206	9	11
	15		815	16	120	184	5	7
	16		1155	18		216	6	8
	17		1562	22	160	203	4	6
	18		2050	24		225	4,5	6,5
	19		2420	26		268	5,5	7,5
	20		3420	30	176	276	5	7
	24		4620	32		296	5	7
	25		5720	36	210	264	3,5	5,5

Таблица 2

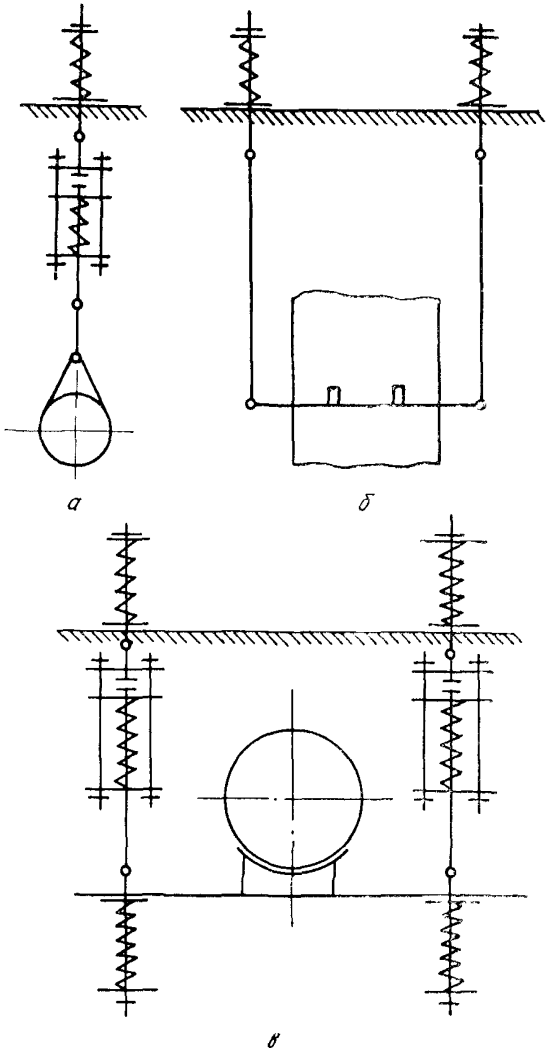
ПРУЖИНЫ ПО ОН 24—3—188—67

Группа	Индекс по ОН	λ_{max}, *мм*	P_{max}, *кгс*	Диаметр прутка, *мм*	Наружный диаметр пружины, *мм*	Высота пружины в свободном состоянии $H_{св}$, *мм*	Число витков	
							рабочее	полное
2	01	140	128	10	113	270	10	12
	02		278	12	117	284	9	11
	03		534	16	145	308	8	10
	04		816	18	149	327		
	05		1190	20	153	346		
	06		1666	22	157	365		
	07		2005	24	161	414	9	11
	08		2686	28	194	399	7	9
	09		3325	32	202	507	9	11
	10		4080	34	206	528		
	11		4955	36	210	549		
	12		5960	40	245	502	7	9
1	13	70	128	10	113	143	5	7
	14		278	12	117	151	4,5	6,5
	15		534	16	145	166	4	6
	16		816	18	149	177		
	17		1190	20	153	188		
	18		1666	22	157	199		
	19		2005	24	161	225	4,5	6,5
	20		2686	28	194	221	3,5	5,5
	21		3325	32	202	277	4,5	6,5
	22		4080	34	206	289		
	23		4955	36	210	301		
	24		5960	40	245	284	3,5	5,5

ПРИМЕРЫ

Рассмотрим примеры выбора опор и затяжки их пружин для трех случаев (черт. 1 приложения) с помощью табл. 1 РТМ (пружины по нормали МВН 049—63).

Варианты пружинных опор



Черт. 1

а) Заданы рабочая нагрузка опоры $P_р = 500$ *кгс*, вертикальное перемещение трубопровода при нагреве в точке установки опоры $\lambda = -59$ *мм* и число пружинных цепей $n = 1$ (черт. 1, *а* приложения).

По формулам (2) и (3), принимая $\Lambda = 35\%$ *, определяем

$$P_ц = 1{,}15 \cdot 500 = 575 \text{ кгс}, \quad k_{цо} = 0{,}35 \frac{500}{5{,}9} = 29{,}7 \text{ кгс см}.$$

По табл. 1 РТМ выбираем пружинную цепь со структурой $Z = 2+2$ при $P_{max} = 815$ *кгс*, т. е. пружинную цепь 05+05 (см. табл. 2 РТМ).

б) Заданы $P_р = 2400$ *кгс*, $\lambda = 22$ *мм*, $n = 2$ (черт. 1, *б* приложения).

Вычисляем

$$P_ц = 1{,}35 \frac{2400}{2} = 1620 \text{ кгс}; \quad k_{цо} = 0{,}35 \frac{2400}{2{,}2 \cdot 2} = 191 \text{ кгс см}.$$

По табл. 1 РТМ выбираем пружинную цепь $Z = 2$ при $P_{max} = 2050$ *кгс*, т. е. 08 (см. табл. 2 РТМ).

в) Заданы $P_р = 3000$ *кгс*, $\lambda = 80$ *мм*, $n = 2$ (черт. 1, *в* приложения).

Вычисляем

$$P_ц = 1{,}35 \frac{3000}{2} = 2025 \text{ кгс}, \quad k_{цо} = 0{,}35 \frac{3000}{8 \cdot 2} = 65{,}6 \text{ кгс см}.$$

По табл. 1 РТМ выбираем пружинную цепь $Z = 2+2+1 = 5$ при $P_{max} = 2050$ *кгс*, т. е. 08+08+18 (см. табл. 2 РТМ).

г) Примеры расчета затяжки опор даны в табл. 3 приложения (применительно к тем же трем опорам).

---

* Во всех примерах принято $\Lambda = 35\%$, $m = 1$.

Таблица 3

Бланк расчета затяжки пружин опор

Трубопровод (примеры)_____ Участок_____

Номера опоры	Пружинная цепь	Структура пружинной цепи Z	P_{max}, *кгс*	l_{max}, *мм*	$k_{цп}$, *кгс/мм*	n	$k_{ц}n$, *кгс/мм*	$Zk_{ц}n$	$P_{р}$, *кгс*	$\frac{\Delta_{р},\ мм}{\frac{(10)}{(9)}\ \vert\ 2\cdot(11)}$ Группа 1	$\frac{\Delta_{р},\ мм}{\frac{(10)}{(9)}\ \vert\ 2\cdot(11)}$ Группа 2	$H_{св}$, *мм* Группа 1	$H_{св}$, *мм* Группа 2	$H_{р}\ H_{св}-\Delta_{р}$, *мм* Группа 1	$H_{р}\ H_{св}-\Delta_{р}$, *мм* Группа 2	i, *мм*	$i\cdot(8)$, *кгс*	$P_{х}=(10)-(18)$, *кгс*	$\frac{\Delta_{х},\ мм}{\frac{(19)}{(9)}\ \vert\ 2\cdot(20)}$ Группа 1	$\frac{\Delta_{х},\ мм}{\frac{(19)}{(9)}\ \vert\ 2\cdot(20)}$ Группа 2	$H_{х}\ H_{св}-\Delta_{х}$, *мм* Группа 1	$H_{х}\ H_{св}-\Delta_{х}$, *мм* Группа 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	05 ; 05	4	815	140	2,91	1	2,91	11,64	500	43	86	-	345	--	259	-59	171,5	328	28,2	56,4	-	288,6
	08	2	2050	140	14,6	2	29,2	58,4	2400	41,1	82,2	—	413	--	330,8	22	642	3042	52,1	104,2	--	308,8
	08 - 08 ÷ 18	5	2050	70; 140	5,86	2	11,7	58,5	3000	51,3	102,6	225	413	173,7	310,5	80	936	3936	67,4	134,8	157,6	278,2

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Условные обозначения	2
2. Сведения о пружинах опор	2
3. Определение рабочих нагрузок опор	3
4. Способы выбора пружин для опор	6
5. Расчет затяжки пружин опор	12
Приложение	16

Ответственный за выпуск *В. С. Розанова.*

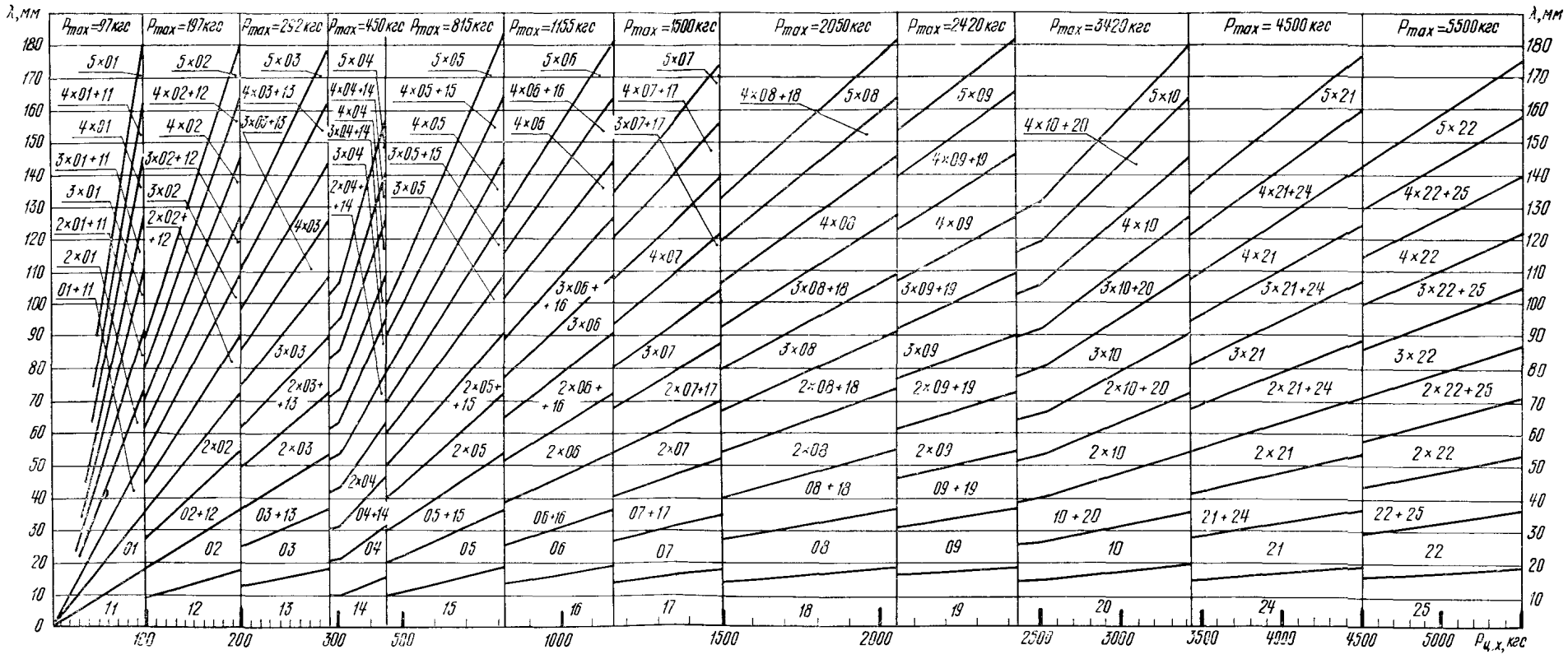
Редактор *Л. П. Коняева*

Техн. ред. *Н. П. Белянина.* Корректор *Г. Х. Макарова.*

Сдано в набор 10.08.73. Подписано к печ. 7.03.74. Формат бум. $60\times90^{1}/_{16}$.
Объем $1^{1}/_{2}$ печ. л. (2 вклейки). Тираж 800. Заказ 589. Цена 30 коп.

Группа полиграфических работ ОНТИ ЦКТИ им. И. И. Ползунова.

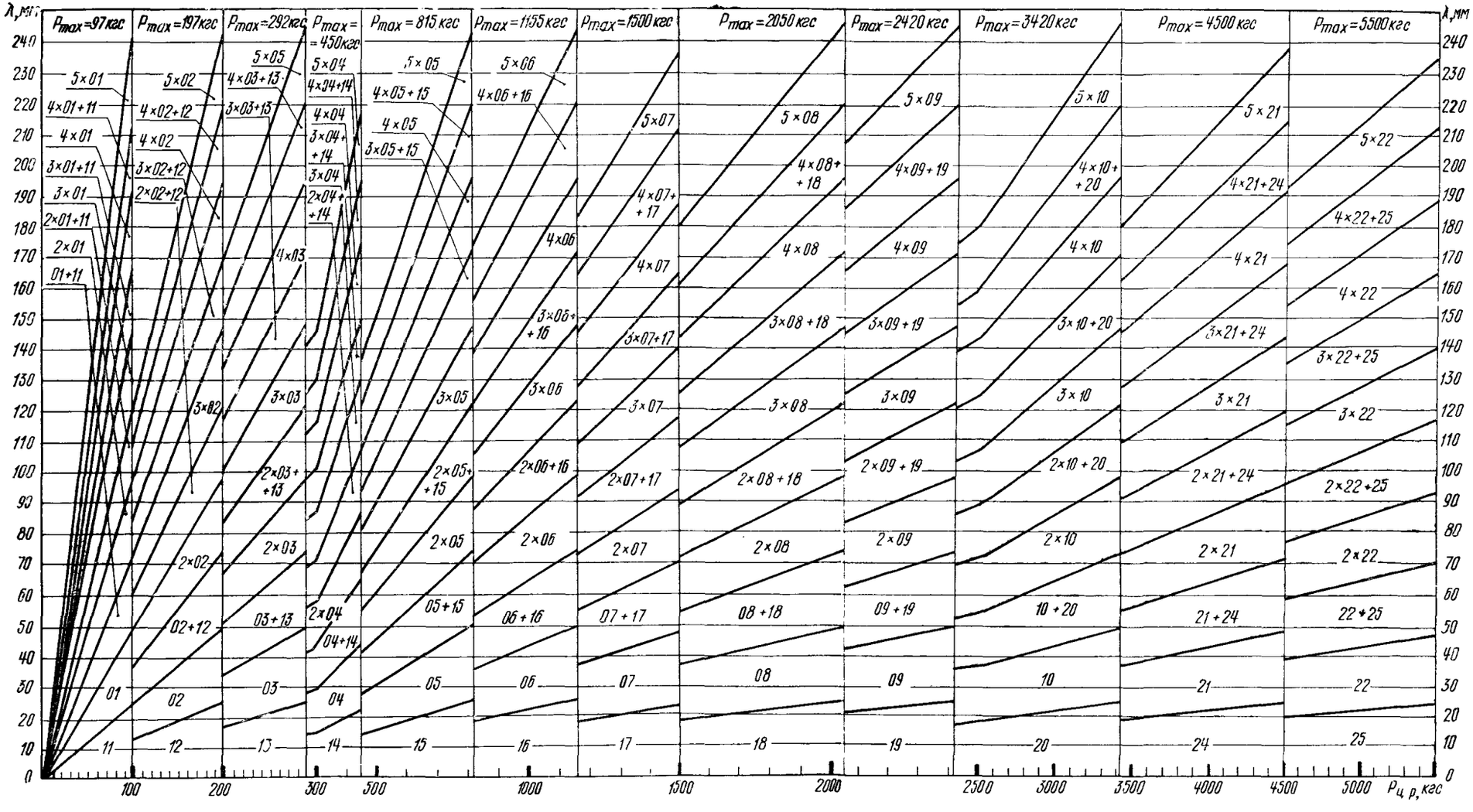
Диаграмма выбора пружин для опор
(пружины по МВН 049—63)



Вертикальные перемещения при нагреве направлены вверх; $P_{ц.х} = 1{,}35\ P_{ц.р}$

Черт. 2

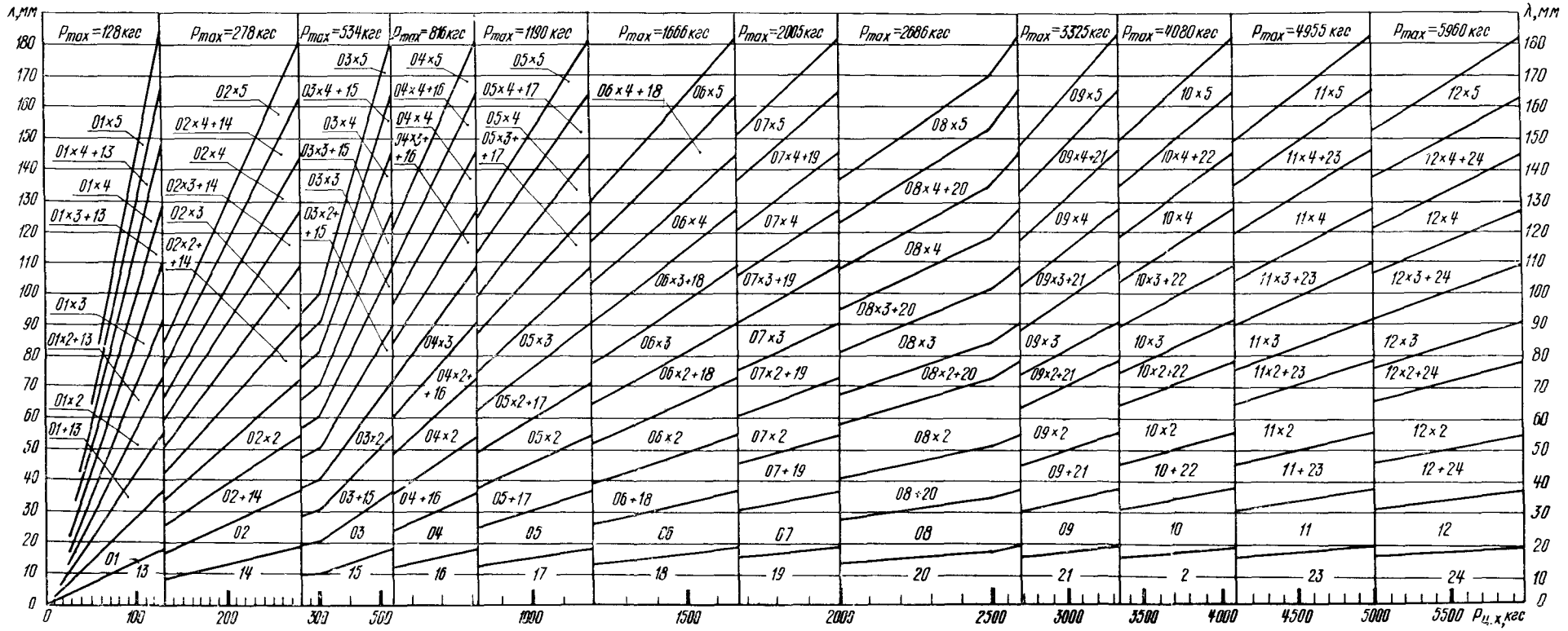
Диаграмма выбора пружин для опор
(пружины по МВН 049—63)



Вертикальные перемещения при нагреве направлены вниз

Черт. 3

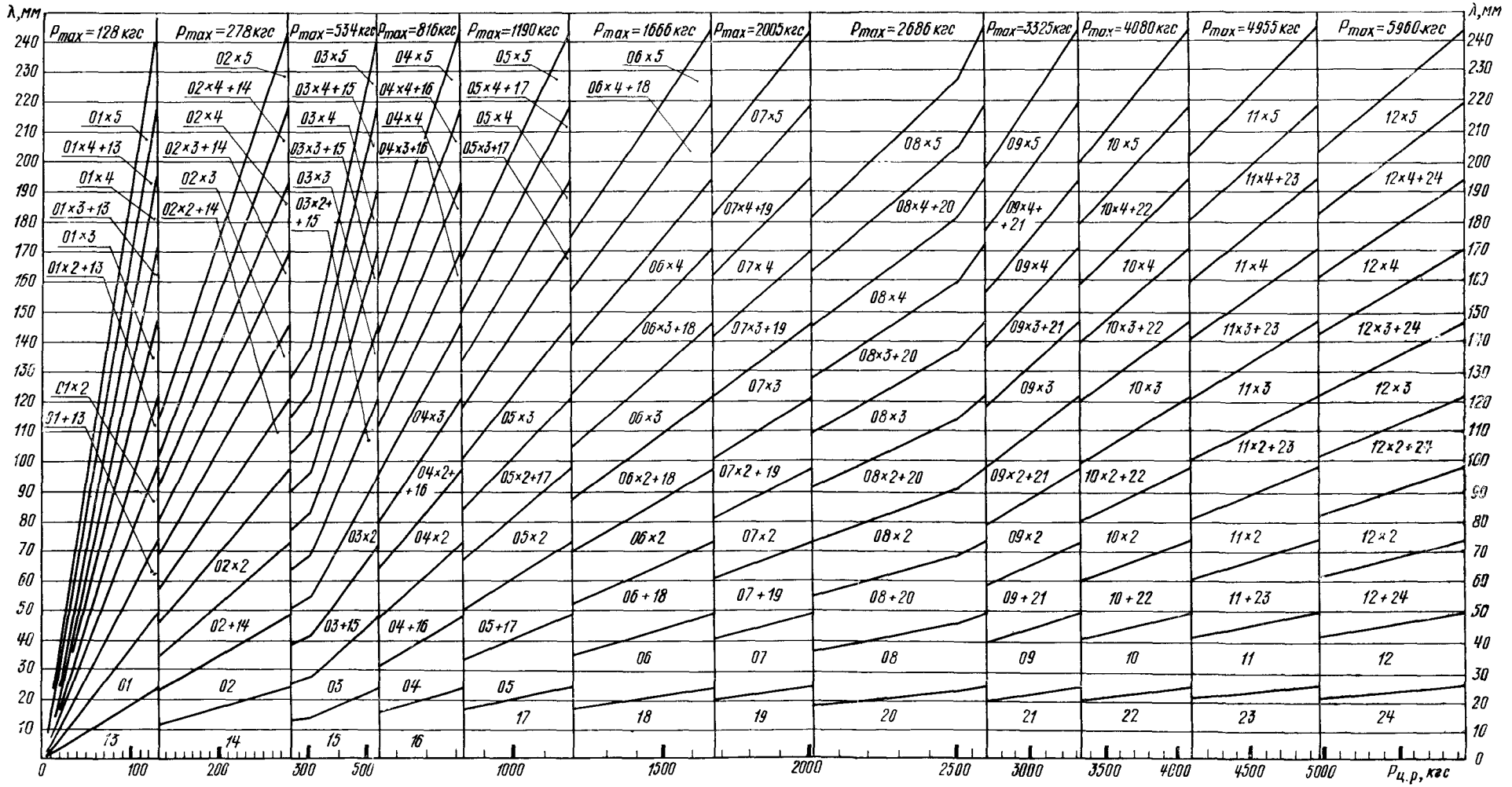
Диаграмма выбора пружин для опор
(пружины по ОН 24—3—188—67)



Вертикальные перемещения при нагреве направлены вверх; $P_{ц.х} = 1{,}35\ P_{ц.р}$

Черт. 4

Диаграмма выбора пружин для опор
(пружины по ОН 24—3—188—67)



Вертикальные перемещения при нагреве направлены вниз

gost.e-ecolog.ru