

Б. И. Скуратов, В. Н. Скачилов, канд. техн. наук, проф., А. Б. Полянин, ФГУП «КБХА», г. Воронеж; В. К. Итбаев, УГАТУ, доктор техн. наук, проф., г. Уфа; Л. Г. Мочалова, ЗАО «НПФ «ЦКБА», г. Санкт-Петербург

СПОСОБ СБОРКИ МНОГОСЛОЙНЫХ ОПЛЕТОК МЕТАЛЛУРУКАВОВ

Предложен способ сборки многослойных оплеток металлорукавов, повышающий их прочность до 50 и более процентов.

Основным силовым элементом, обеспечивающим прочность металлорукавов высокого давления, является многослойная оплетка.

Как показала практика, фактическая прочность такой оплетки значительно ниже расчетных возможностей. По данным ведущего в России разработчика металлорукавов УАО «Гидравлика» [1] прочность второго слоя многослойной оплетки из пластичной нержавеющей проволоки используется только на 90%, третьего — на 80%, четвертого — на 60%, пятый слой устанавливать нецелесообразно. В оплетке из нагартованной проволоки более 50% прочности не используется уже во втором слое. Объясняется это неравномерным распределением нагрузки между слоями и различными упругими характеристиками материала.

В настоящей статье описывается механизм взаимодействия слоев многослойной оплетки при нагружении металлорукава внутренним давлением и даются рекомендации по борьбе с неравномерностью распределения нагрузки между слоями.

Прежде всего, необходимо отметить, что за счет упругости материала провололок фактическая толщина слоя оплетки в исходном состоянии δ больше суммы двух диаметров проволоки $2d_{пр}$ (см. рис. 1). Очевидно, что при натяжении оплетки за счет выпрямления волнистой линии, толщина слоя δ уменьшается до предельной величины $\delta \sim 2d_{пр}$.

Рассмотрим механизм взаимодействия элементов конструкции металлорукава, схематически показанного на рис. 2.

При подаче внутрь сильфона [1] давления система удлиняется, диаметры всех оплеток $d_{опл}$ стремятся синхронно, за счет увеличения угла плетения, уменьшиться при одновременном уменьшении δ .

Первым займет свое рабочее положение слой № 1 (поз. 2), опершись о сильфон. Далее слой № 1 будет удлиняться за счет выпрямления и удлинения провололок, а остальные слои будут уменьшаться в диаметрах без удлинения провололок до тех пор, пока второй слой (поз. 3) не опрется о первый. Таким образом, будут включаться в работу последующие слои. В конечном итоге может оказаться, что между последним и предпоследним слоями оплетки останется зазор.

Описанный порядок включения слоев оплетки в работу объясняет цифры недоиспользования прочности оплетки, приведенные в работе 1. Очевидно, что возможность равномерного перераспределения нагрузок между слоями сокращается с увеличением жесткости провололок.

Для повышения равномерности распределения нагрузки между слоями в многослойной оплетке предлагаются два варианта сборки металлорукавов:

1 — сборка рукавов в приспособлении, прижимающем многослойную оплетку к вершинам гофрированной оболочки, разглаживающем ее и уменьшающем величину δ см. рис. 3;

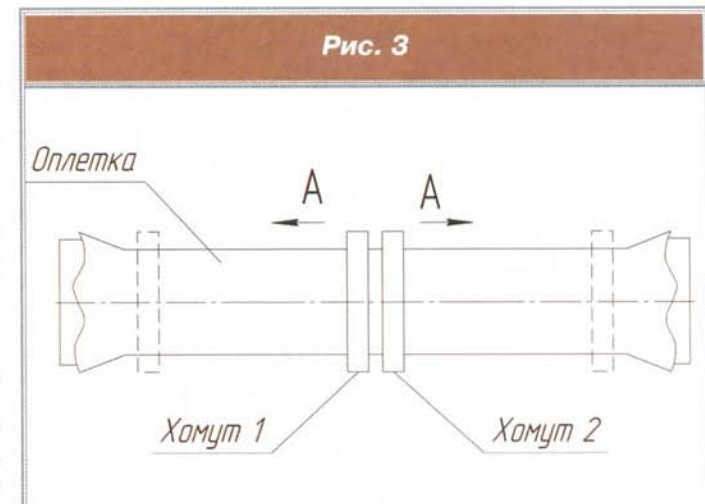
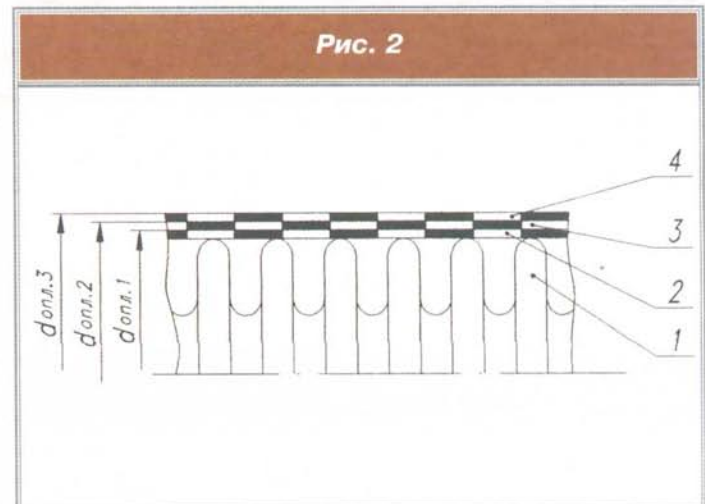
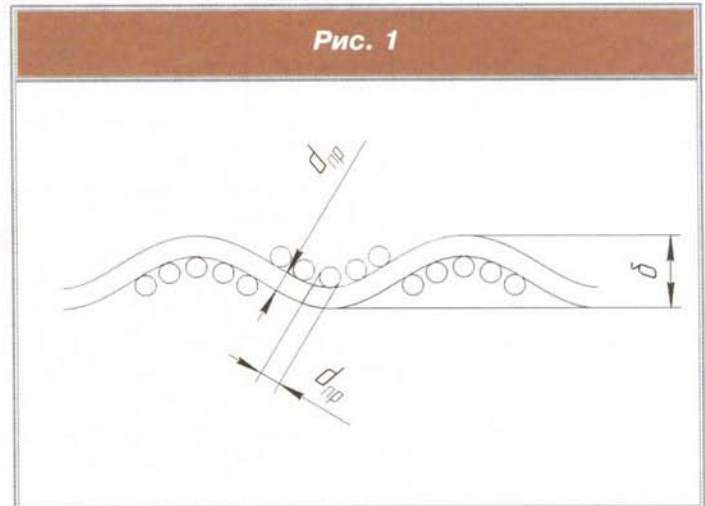


Рис. 4

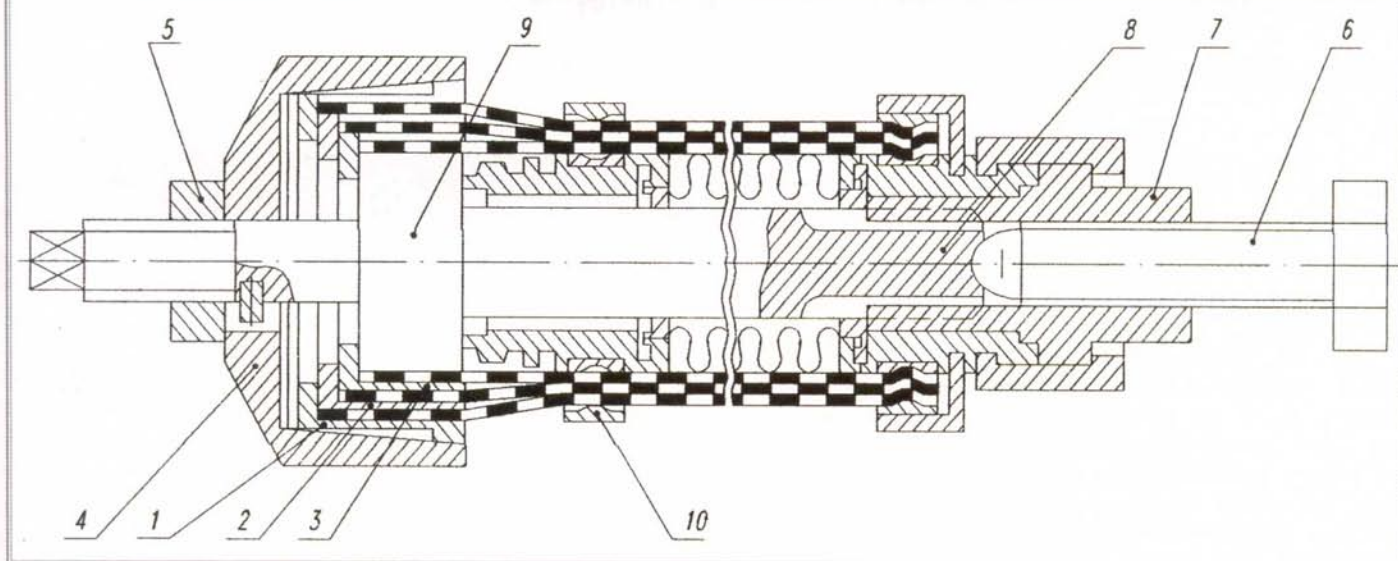


Рис. 5

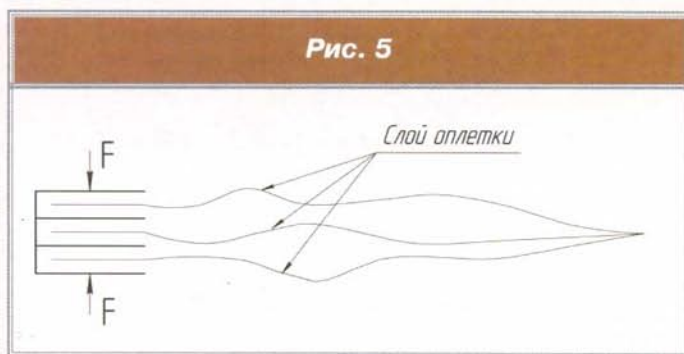


Рис. 6

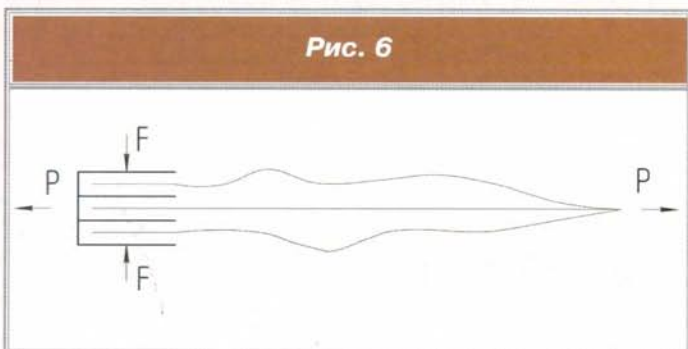
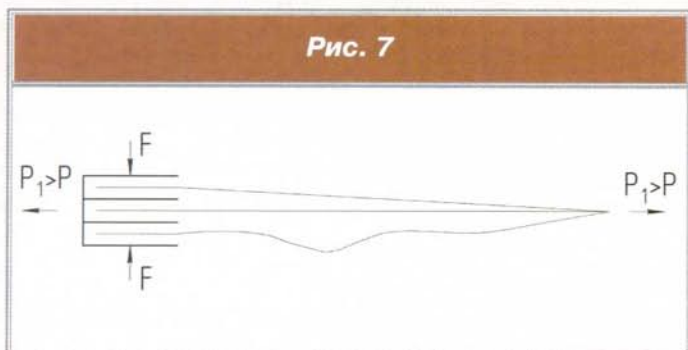


Рис. 7



II — при сборке рукавов обеспечивается индивидуальное, регламентированное натяжение каждого из слоев многослойной оплетки 2.

Оба варианта используются в производстве. Однако внимания заслуживает вариант II, который дает наибольшее значение разрушающего давления и более стабильные результаты испытаний.

На рис. 4 приведена схема приспособления, дающего возможность реализации II варианта сборки рукава.

Приспособление работает следующим образом.

Концы многослойной оплетки устанавливают между разрезными втулками 1, 2, 3 и в корпусе 4 затягивают гайку 5 с требуемым усилием, после чего осуществляют ввинчивание нажимного винта 6 в резьбовое отверстие корпуса 7. Усилие от нажимного винта передается на оплетку через шток 8, его цилиндрическую головку 9 и разрезные втулки 1, 2 и 3. Ввинчивание нажимного винта 6 производится до заданного технологическим процессом смещения (проскальзывания) слоев оплетки между разрезными втулками в осевом направлении. Достаточно ограничиться смещением, равным 3—5 мм. При этом каждый слой получает регламентированное натяжение, которое определяется усилием трения слоев оплетки о поверхности разрезных втулок 2. Не снимая натяжения, производится радиальное обжатие оплетки муфтой 10, после чего устройство демонтируется.

Процесс натяжения слоев оплетки можно представить в виде нескольких последовательных этапов (рис. 5—8). На рис. 5 показан элемент многослойной оплетки, слой которой с одного конца скреплены между собой неподвижно, а со второго защемлены усилием F. Каждый из слоев имеет произвольные длину и расположение.

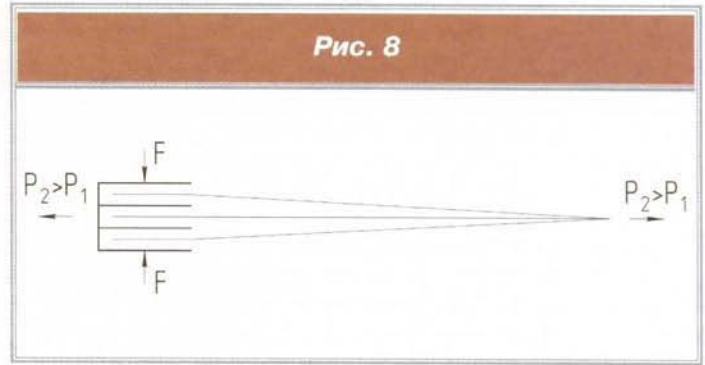
После приложения растягивающего усилия P происходит удлинение оплетки, пока один из слоев (самый короткий) не натянется до прямолинейного состояния. Остальные слои при этом ослаблены (рис. 6). При увеличении силы P происходит проскальзывание конца натянутого слоя, пока не натянется следующий по длине слой (рис. 7).

Увеличение усилия P происходит пока все слои оплетки не натянутся (рис. 8). Для обеспечения гарантированного натяжения каждого слоя оплетки производят даль-

нейшее увеличение силы P , пока проскальзывание будет равно 3—5 мм. Эта величина гарантирует проскальзывание всех слоев оплетки между сжатыми разрезными втулками. Сила натяжения слоев определяется силой трения между ними и элементами устройства.

Авторами проведены работы по определению разрушающего давления $P_{разр}$ и коэффициента использования прочности $K_{исп}$ на рукавах DN = 24, имеющих трехслойную оплетку в трех вариантах сборки. Результаты сведены в таблицу.

Из таблицы видно, что наибольший коэффициент использования прочности оплетки ($K_{исп} = 0,89$) и наибольшую стабильность ($\sigma = 77$ кгс/см²) имеют рукава с регламентированным натяжением каждого слоя оплетки (Вариант II). При этом рукава с регламентированным натя-



Таблица

№№ п/п	Вариант сборки плетки	Количество испытанных рукавов	Диапазон $P_{разр}$, кгс/см ²	$\bar{P}_{разр}$, кгс/см ²	$P_{расч}^{max}$, кгс/см ²	Средне-квадратичный разброс σ , кгс/см ²	Рабочее давление $P_{раб} = \bar{P}_{разр} - 3\sigma$, кгс/см ²	$K_{исп} = \frac{\bar{P}_{разр}}{P_{расч}}$
1	Без специальной подготовки слоев	2	790—710	750	1260	—	—	0,59
2	С разглаживанием оплетки (вариант I)	14	780—230	1100	1260	140	680	0,87
3	С натяжением каждого слоя (вариант II)	7	1080—1240	1126	1260	77	895	0,89

жением слоев оплетки разрушаются при давлениях в 1,47 ÷ 1,50 раза больших, чем рукава собранные без указанного мероприятия.

При проведении испытаний рукавов, собранных по вариантам I и II, имели место случаи их разрушения при $P_{раз}$ до 1240 кгс/см², то есть ($K_{исп} = 0,98$) это свидетельствует о принципиальной возможности 100% использования прочности оплетки и снимает ограничение по целесообразности увеличения количества слоев оплетки свыше 4-х.

Список литературы

1. Технический отчет № 21—69. Методика расчета металлорукавов на статическую прочность, УАО «Гидравлика». 1969.
2. Устройство для натяжения гибкого элемента. А.с. №1339004, В23 Р 19100, F16 G 11/12 (22) 03.06.85; (21) 391 20 39/25—27; (46) 23.09.87. Бюл. № 35, (72) Б.И. Скуратов и П.Д. Феропонтов, (71) ФГУП «КБХА».