

*Библиотечка
строителя*

В. М. ДИДКОВСКИЙ

**РЕЗЕРВУАРЫ
ИЗ РУЛОННЫХ
ЗАГОТОВОК**



В. М. ДИДКОВСКИЙ,
лауреат Ленинской премии

РЕЗЕРВУАРЫ ИЗ РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

Сканировал и обрабатывал
Лукин А.О.

КУЙБЫШЕВСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1960

В брошюре освещается опыт коллектива Куйбышевского завода рулонных и монтажных заготовок по индустриализации сооружения нефтерезервуаров методом сворачивания плоских полотнищ в габаритные рулоны, рассматриваются пути дальнейшего совершенствования резервуарных конструкций, способов их изготовления и монтажа.

Брошюра представляет интерес для инженерно-технических работников предприятий и строек, проектных и научно-исследовательских организаций, участвующих в проектировании, изготовлении, монтаже, эксплуатации и исследованиях сооружений резервуарного типа.

APPROVED

ПРЕДИСЛОВИЕ

Быстрый рост добычи нефти, а также развитие предприятий по ее переработке требуют значительного увеличения парка емкостей для хранения нефти, бензина, керосина и других нефтепродуктов.

Основным типом хранилищ для нефти и нефтепродуктов являются стальные резервуары различной формы и емкости. По данным Всесоюзного научно-исследовательского института Главгаза СССР, в настоящее время из общего количества емкостей, находящихся в эксплуатации, металлические резервуары составляют 97 процентов и только 3 процента приходится на долю неметаллических хранилищ (железобетонных, бетонных, земляных и т. д.).

В дальнейшем, с созданием экономичных конструкций подземных железобетонных хранилищ процент металлических резервуаров сократится. Однако металлические резервуары, несмотря на ряд своих недостатков, будут сооружаться в больших количествах, так как массовое строительство железобетонных резервуаров в данное время связано с некоторыми затруднениями. Железобетонные резервуары по стоимости капитальных затрат на 1 м³ емкости в настоящее время обходятся значительно дороже металлических, в особенности велика стоимость железобетонных резервуаров, предназначенных для хранения светлых нефтепродуктов. Например, стоимость железобетонного резервуара, облицованного листом толщиной 4 мм, в два-четыре раза превышает стоимость металлического резервуара той же емкости. Сроки сооружения железобетонных резервуаров в несколько раз превышают сроки сооружения металлических резервуаров. Наконец, переход к массовому применению железобетонных резервуаров требует

значительных капиталовложений на расширение предприятий по производству сборного железобетона, тогда как строительство металлических резервуаров в основном обеспечено производственными базами.

Из металлических резервуаров в настоящее время наиболее широкое распространение имеют вертикальные цилиндрические резервуары с плоским днищем и коническим покрытием, рассчитанные на внутреннее давление в 200 мм вод. ст. Они представляют собой наиболее простую и дешевую, но в то же время и менее удачную с эксплуатационной точки зрения категорию резервуаров. При хранении нефтепродуктов в этих емкостях происходят большие потери от испарения.

В последнее время находят также применение резервуары специальных конструкций, рассчитанные на сокращение потерь светлых нефтепродуктов. К ним относятся резервуары с плавающими понтонами, плавающими крышами, полусферическими покрытиями, подъемными крышами (газометры), резервуары сферические, каплевидные и т. д.

До недавнего времени все резервуарные конструкции сооружали отсталыми неиндустриальными методами, собирая их непосредственно на месте строительства из многих сотен отдельных стальных листов. Сварку вели вручную, большинство швов заваривали в неудобных положениях, качество сварки было низким. Выполнение основного объема работ на открытом воздухе ставило их в зависимость от времени года и метеорологических условий. Сроки сооружения резервуаров были весьма большими: например, резервуар емкостью 2 000—5 000 м³ монтировали полтора-два месяца.

Перед резервуаростроителями стояла задача разработки новых методов скоростного сооружения резервуаров с максимальным сокращением работ на строительной площадке за счет выполнения основного объема их в заводских условиях.

Решение этой задачи было дано научным сотрудником Института электросварки АН УССР имени академика Е. О. Патона кандидатом технических наук Г. В. Раевским. Он предложил изготавливать на заводе днища и корпуса резервуаров целиком, сваривая их при помощи автоматической сварки и сворачивая в габаритные рулоны для перевозки.

В разработке и освоении новых индустриальных ме-

годов сооружения нефтерезервуаров принимал участие многочисленный коллектив ученых, инженеров, работников производства. Практические испытания нового метода изготовления резервуаров проводились в основном на Куйбышевском заводе монтажных заготовок при участии специалистов Главнефтемонтажа, научных работников Института электросварки и других организаций.

За разработку и внедрение индустриального метода строительства нефтерезервуаров из плоских полотнищ, сворачиваемых в рулоны, Е. А. Игнатченко, Г. В. Равескому, Е. К. Алексееву, В. М. Дидковскому, О. М. Иванцову, В. С. Корниенко, В. С. Ляхову и Б. В. Поповскому присуждена Ленинская премия 1958 года.

Коллективом Куйбышевского завода монтажных заготовок накоплен обширный опыт изготовления различных конструкций в виде рулонных заготовок. Этот опыт позволяет заводу смело перерабатывать проекты намеченных к рулонированию объектов и в весьма короткие сроки осваивать изготовление конструкций.

Успехи коллектива завода в области индустриализации резервуаростроения в 1960 г. отмечены Дипломом ВДНХ I степени. Главный инженер завода В. В. Модзелевский награжден Большой серебряной медалью, а автор данной брошюры — Дипломом Почета ВДНХ.

Несмотря на ряд трудностей, возникающих при изготовлении и монтаже опытных конструкций, применение метода рулонирования во всех случаях оказывается экономически более эффективным, чем монтаж из отдельных листов. Благодаря своим неоспоримым преимуществам этот способ в настоящее время почти полностью вытеснил применявшиеся ранее методы полистового монтажа.

Советский способ сооружения резервуарных конструкций находит также распространение в целом ряде других государств. Из индустриальных заготовок Куйбышевского завода большое количество резервуаров смонтировано в Китае, Афганистане, Йемене, Албании, ГДР, Финляндии и других государствах. Ряд капиталистических стран Европы, Азии и Южной Америки сделал запрос относительно приобретения лицензий на право сооружения резервуаров советским методом.

И все же, несмотря на всеобщее признание успехов в области строительства металлических резервуаров,

необходимо отметить, что и здесь имеется еще ряд нерешенных вопросов.

Основными задачами, стоящими в настоящее время перед советскими резервуаростроителями, являются:

1) изыскание и освоение производства наиболее эффективных с эксплуатационной точки зрения конструкций резервуаров, экономичных по затрате металла и стоимости;

2) изыскание и освоение эффективных способов защиты нефтерезервуаров от коррозии;

3) расширение номенклатуры сооружаемых резервуаров и освоение индустриальных методов строительства резервуаров и газгольдеров емкостью 10 000 м³ и более;

4) комплексная механизация и автоматизация всех производственных процессов по изготовлению рулонных заготовок.

Плодотворное сотрудничество ученых и инженеров, работающих в области резервуаростроения, с передовыми людьми производства, позволившее разработать и внедрить прогрессивный метод сооружения резервуаров из рулонных заготовок, будет способствовать успешному решению и этих больших задач.

ОСОБЕННОСТИ РУЛОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При обычной технологии изготовления стальные конструкции поставляются на монтаж в виде отдельных транспортабельных отправочных марок. В основе обычной технологии лежит придание всем деталям конструкций в процессе их обработки, а затем при сборке в отправочные марки тех форм и конфигураций, какие эти детали и марки должны иметь в готовом сооружении. Принудительные деформации конструкций в процессе их сборки на заводе и при монтаже не допускаются.

При изготовлении резервуарных конструкций по обычной технологии на монтаж отправлялись отдельные листы размером $1\,500 \times 6\,000$ мм, завальцованные по проектному радиусу. В отдельных случаях практиковалось укрупнение листовых элементов резервуаров путем сварки в одну секцию нескольких листов. Однако из-за неудобства транспортировки методы простых укрупнений распространения не получили.

Предложенный Г. В. Раевским метод изготовления резервуарных конструкций базируется на принципиально новой технологической основе. По этому методу основные элементы резервуаров собираются на заводе не в виде вальцованных по проектному радиусу элементов, а в виде плоских полотнищ огромных размеров. Эти полотнища свариваются автоматической сваркой, а затем свертываются в габаритные и удобные для перевозки рулоны, диаметр которых в несколько раз меньше диаметра резервуара.

Как правило, свертывание листовых полотнищ проходит за пределами упругой стадии. Толстые листы (до 14 мм) при свертывании приобретают весьма большие остаточные деформации. При монтаже стальные полотнища разворачиваются до проектного диаметра. При этом тонкие листы, не получившие при свертывании

больших остаточных деформаций, сами стремятся развернуться больше, чем до проектного диаметра, а толстые листы, получившие слишком большие деформации, разворачиваются только в принудительном порядке.

При разворачивании резервуаров в конструкцию вводятся высокие напряжения. После замыкания монтажного стыка корпус резервуара представляет собой предварительно напряженную оболочку, нагруженную остаточными изгибающими моментами (рис. 1), величина

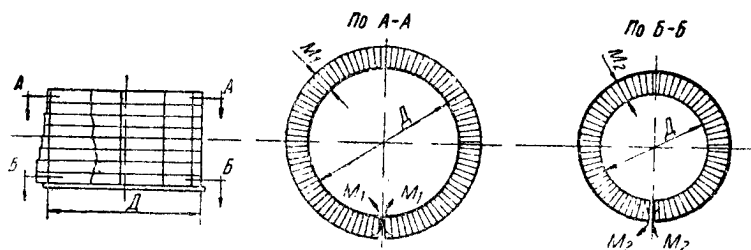


Рис. 1. Остаточные изгибающие моменты в развернутом корпусе резервуара:

по А—А—в верхних поясах; по Б—Б—в нижних поясах.

которых зависит от радиуса сворачивания, радиуса резервуара, толщины листа и предела упругости стали.

Вопросы теории сворачивания весьма детально разработаны Г. В. Раевским [2,4].

Теоретические исследования, большой опыт изготовления рулонных резервуаров и опыт многолетней эксплуатации доказали полную безопасность предварительного напряжения резервуарных конструкций.

В сворачивании конструкций при их изготовлении и разворачивании в процессе монтажа состоит основная технологическая особенность рулонных конструкций. Некоторые специалисты первоначально не верили в возможность практического осуществления и широкого внедрения этой технологии. С недоверием встречали сообщения о внедрении в Советском Союзе метода сворачивания в резервуаростроении зарубежные инженеры.

Изготовление днищ и боковых стенок в виде плоских полотнищ с последующим сворачиванием их в рулоны

потребовало некоторых изменений в конструкции резервуаров.

По существовавшему ранее ГОСТу 2486—44 (резервуары вертикальные сварные) конструкцию резервуаров решали следующим образом:

1) все горизонтальные соединения поясов корпуса выполняли внахлестку с обязательным смещением стыков в соседних поясах не менее чем на 500 мм;

2) вертикальные стыки после проварки швов усиливали накладками;

3) корпус резервуара прикрепляли к днищу с помощью уторного уголка.

Как показали исследования, проведенные Институтом электросварки, ВНИИСТом (бывш. ВНИИСТРОЙ-НЕФТЬ) и другими научно-исследовательскими учреждениями, накладки на стыковых швах, а также уторные уголки практически не усиливают конструкцию резервуаров, а, наоборот, создают очаги возникновения трещин и способствуют хрупким разрушениям резервуаров. На основании этих исследований уторные уголки и стыковые накладки в конструкциях рулонных резервуаров были отменены.

Теми же исследованиями, а также опытом судостроения было доказано, что лучшим соединением стальных листов между собой является стык без разбежки. В результате были разработаны две основные конструктив-

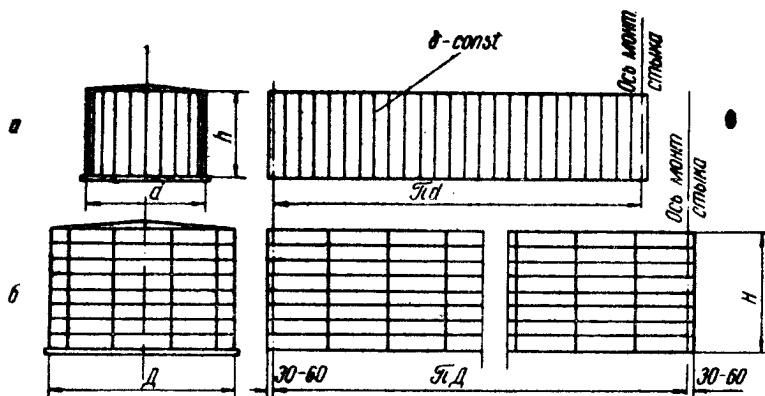


Рис. 2. Конструктивные схемы корпусов.

— с вертикальным расположением листов; б — с горизонтальным расположением листов.

ные схемы корпусов резервуаров: одна из них (рис. 2а) для резервуаров малых емкостей с постоянной толщиной стенки, с вертикальным размещением листов, и вторая (рис. 2б) для резервуаров любой емкости с горизонтальным расположением листов.

Схема, изображенная на рис. 2а, не получила распространения из-за следующих недостатков:

1) в связи с неравномерностью толщины листов форма резервуара получается с некоторыми отклонениями (граненой);

2) вертикальное расположение листов может привести к нарушению прочности, так как прочностные характеристики стального листа в направлении поперек волокон проката ниже, чем вдоль волокон; скрытые дефекты проката в виде внутренних расслоений чаще всего идут вдоль волокон, то есть вдоль сечений, по которым действуют максимальные напряжения.

Схема, изображенная на рис. 2б, этих недостатков не имеет. Однако в связи с тем, что при стыковых соединениях предъявляются повышенные требования к качеству и точности обработки кромок листов, в настоящее время наряду со схемой 2б применяется комбинированная схема с соединением листов толщиной 4 и 5 мм по длинным кромкам внахлест. Конструкция применяемых в настоящее время комбинированных сопряжений листов в корпусах резервуаров приводится на рис. 10. Применение нахлесточных соединений наряду с облегчением обработки листов в некоторой степени способствует повышению жесткости и устойчивости корпусов резервуаров.

В конструкциях днищ в настоящее время применяют также различные типы соединений: при достаточной оснащенности предприятий кромкострогальными станками все соединения выполняют в стык; в других случаях утолщенные окрайки днищ между собой соединяют в стык, а более тонкие листы центральной части днища — внахлест.

Методом рулонирования сооружаются десятки типов различных конструкций. Осветить все многообразие конструктивно-технологических особенностей резервуарных конструкций, изготавливаемых этим методом, а также дать подробное описание способов монтажа различных конструкций резервуарного типа из рулонных заготовок в небольшой брошюре не представляется возможным.

При сооружении резервуаров из плоских полотнищ, сворачиваемых в габаритные рулоны, основная доля работ выполняется не на монтажной площадке, а в условиях завода. Взапросам заводского изготовления, многие из которых нигде ранее не освещались, и уделяется основное внимание в данной брошюре.

ПОДГОТОВКА ЛИСТОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

Корпуса и днища резервуаров и газгольдеров изготавливают из мартеновской спокойной стали М. Ст. 3 по ЧМТУ 5232—55, улучшенного раскисления, с гарантированной ударной вязкостью при температуре минус 40°C.

Для рулонных заготовок применяют лист размером 1 500×6 000 мм толщиной 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12 мм. Листы поставляются в обрезанном виде с плюсовыми допусками: 10 мм на короткую и 15 мм на длинную сторону. На каждую партию листов поступает сертификат завода-изготовителя с указанием марки стали, химического состава и механических свойств. На заводе, изготавлиющем рулонные заготовки, производят дополнительную проверку листов. Листы не должны иметь расслоений, плен, трещин, раковин, «хлопунов».

Обработка листа начинается с тщательной правки на листопрямильных вальцах. Затем производят строжку кромок. Продольные кромки листов, подлежащие сварке в стык, обрабатываются, как правило, на кромкострогальных станках.

Строжку продольных кромок листов производят пакетами по четыре-пять листов без предварительной разметки — по упорам. Ширина простроганного листа, принимаемая обычно равной 1 490 мм, выдерживается с допуском $\pm 0,5$ мм.

Торцовые кромки листов, как при сварке в стык, так и при сварке внахлест, обрезают гильотинными ножницами. Продольные кромки листов, соединяемые внахлест, при соблюдении проектных размеров обычно не обрабатываются.

Перед обрезкой гильотинными ножницами все листы размечают по проектным размерам. Допускаемые отклонения при обрезке гильотинными ножницами: на размер по длине листа ± 1 мм, по диагонали $\pm 1,5$ мм.

Обработанные листы укладывают в контейнеры и передают на сортировочную площадку. Здесь комплектуют листы по секциям в соответствии с технологией сборки полотнищ. Во время сортировки листы проходят дополнительную проверку.

ЭВОЛЮЦИЯ ОДНОСТОРОННЕЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ

В связи с недостаточностью имеющихся мощностей по производству резервуарных конструкций ряд организаций приступил к проектированию и строительству собственных цехов рулонных заготовок. При этом нередко за основу берутся принципиально устаревшие схемы.

Во избежание повторения ошибок считаем необходимым кратко остановиться на этих этапах, уделяя особое внимание освещению преимуществ и недостатков различных решений по сборке и автоматической сварке больших полотнищ.

При изготовлении первого опытного резервуара емкостью 240 м³ был опробован способ односторонней стыковой сварки с двух-

сторонним формированием сварного шва [1].

Сварка стыковых швов корпуса и днища производилась в специальном зажимном приспособлении, с помощью которого кромки стыкуемых листов по всей своей длине прижимались к медной подкладке.

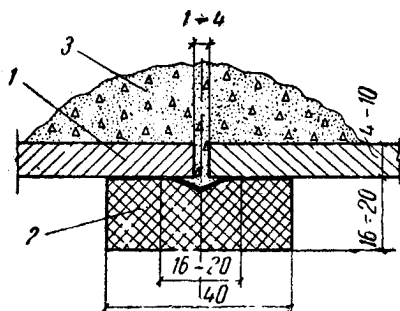


Рис. 3. Схема сварки на флюсомедной подкладке.

1 — стыкуемые листы; 2 — медная подкладка; 3 — флюс.

Было установлено, что наиболее высокое качество формирования обратного валика сварного шва достигается при сварке на медной подкладке с треугольной канавкой и при сборке листов с зазором от 1 до 4 мм (рис. 3).

Этот способ сварки был затем положен в основу опытной установки для изготовления корпусов резервуаров

емкостью 5 000 м³, построенной на Куйбышевском заводе монтажных заготовок в 1949 г.

Поджатие листов к медным подкладкам здесь производилось иначе. Ввиду значительно бóльших размеров полотнища резервуара емкостью 5 000 м³ по сравнению с резервуаром емкостью 240 м³ применение прижимных балок оказалось нерациональным. В целях сокращения затрат на сооружение опытной установки и ускорения сроков проведения эксперимента, главной задачей которого являлось выяснение практической возможности сворачивания и разворачивания больших полотнищ сравнительно большей толщины, было решено не сооружать никаких особых прижимных устройств.

Сборка листов производилась на простейших стеллажах, поднятых на высоту 1,8 м, а их поджатие к мед-

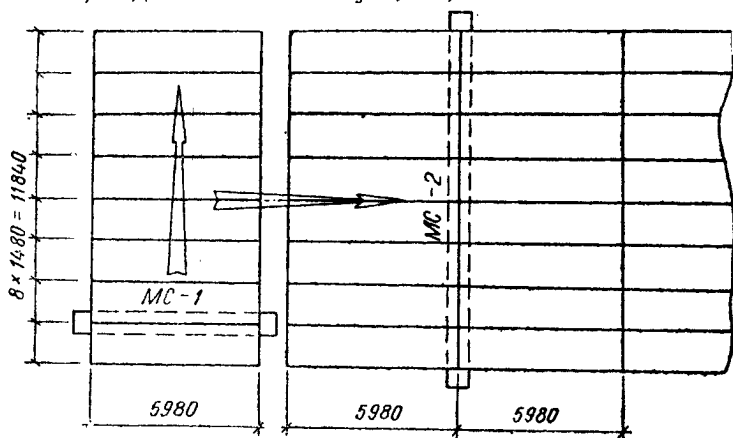


Рис. 4. Схема расположения магнитных стенов на одной установке.

МС-1 — шестиметровый магнитный стенд; МС-2 — двенадцатиметровый магнитный стенд.

ным планкам осуществлялось с помощью рычагов, клиньев и планок, приваренных к листам с нижней стороны.

По такому методу собирался только первый опытный резервуар емкостью 5 000 м³. В дальнейшем сборка листов для их сварки на флюсо-медной подкладке осуществлялась на электромагнитных стендах. Схема размещения магнитных стенов показана на рис. 4. На

стенде МС-1 производилась автоматическая сварка горизонтальных швов, а на стенде МС-2 — вертикальных.

Как видно из рис. 4, на стенде МС-1 из восьми отдельных листов предварительно сваривалась секция шириной 11 840 мм. Затем эта секция перемещалась к стенду МС-2 и приваривалась к задней кромке ранее сваренного полотнища.

Условия сборки и сварки листов на стендах МС-1 и МС-2 были различными. В то время как на стенде МС-1 собирались, как правило, листы, не имевшие существенных деформаций, на стенде МС-2 приходилось собирать стык, имевший семь поперечных швов и весьма существенные деформации из плоскости полотнища. В связи с этим и качество сварных швов получалось различным: вполне удовлетворительным на стенде МС-1 и во многих случаях неудовлетворительным при сварке на стенде МС-2. Некачественные швы вырубались и проваривались вторично.

Работники завода принимали различные меры по улучшению качества наиболее ответственных вертикальных стыковых швов, сваривавшихся на стендах МС-2, вплоть до сооружения в дополнение к магнитам специальных мощных прижимных балок с передвижными домкратами. Однако все эти мероприятия оказались недостаточными.

В 1951 г. автором был предложен способ сварки листов местным поджатием стыкуемых кромок в непосредственной близости от зоны сварки. Магнитные стенды, а также другие ранее применявшиеся устройства действовали по принципу одновременного поджатия стыкуемых листов по длине всего стыка.

Как известно, даже правленный лист имеет некоторые начальные деформации, в особенности при малых толщинах ($3\div 5$ мм). При сварке лист получает дополнительные деформации. Эти волнообразные деформации при одновременном поджатии на большой длине выжать значительно труднее, чем при местном поджатии.

Рассмотрим равновесие условно вырезанной волны листа, прижимаемого с помощью магнитов (рис. 5а). Волну в этом случае можно рассматривать как бесшарнирную арку пролетом l и подъемом f с переменной нагрузкой p , весьма зависящей от зазора y , с максимальным значением у пят и минимальным в ключе.

Для деформации такой волны значение суммарного усилия поджатия $\sum P = \int_0^l \rho x \cdot dx$ должно быть очень большим.

В связи с тем, что усилия, создаваемые магнитами, имеют свои пределы (усилие поджатия зависит от количества магнитных силовых линий, проходящих через сечение листа), даже весьма мощные магниты не выжимают все хлопуны и неровности деформированного листа. При этом удельное давление на погонную единицу длины медной подкладки или флюсовой подушки колеблется в очень широких пределах. В местах недостаточного давления образуются провалы металла шва, а зачастую и прожоги.

Легко убедиться, что для выжимания волны в случае местного поджатия требуется гораздо меньшее усилие, чем при одновременном поджатии по всей длине.

В случае местного поджатия волну можно условно рассматривать (рис. 5б) не как арку, а как простую балку на двух опорах, так как ее концы не зажаты и могут свободно перемещаться.

Усилия поджатия зависят от характера неровностей листов и их толщины. Для поджатия листов, не подвергшихся сварочным деформациям, практически достаточно усилия в 100—200 кг. Для деформированных сваркой полотнищ требуемое усилие поджатия увеличивается до 300—500 кг. И все же эти усилия во много раз меньше усилий, требующихся в случае поджатия по всей длине. Так, например, для выжимания деформаций

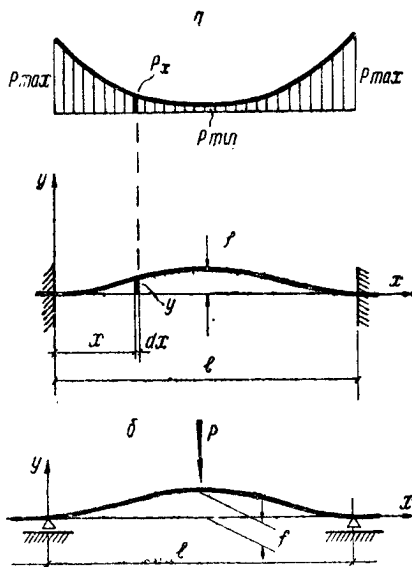


Рис. 5. а—схема волны, прижимаемой магнитами; б — схема волны при местном поджатии.

листов, уложенных на магниты, развивающие при плотном касании усилия поджатия в 5 т/пог. м, на волну дополнительно требуется приложить сосредоточенную нагрузку в 4—6 т.

Принцип местного поджатия листов гарантирует получение весьма равномерного и достаточного удельного давления на единицу длины стыка, а следовательно, и более высокое качество сварки.

В 1953 г. на одной из одноярусных установок были произведены испытания первого опытного агрегата. для односторонней автоматической сварки стыковых швов, действовавшего по принципу местного поджатия.

В отличие от сварочного трактора, который выполняет только одну операцию — сварку, этот агрегат мог осуществлять целый ряд дополнительных функций:

а) осуществлять собственным весом поджатие листов к флюсовым подушкам;

б) производить уборку флюса после сварки и возвращать флюс в бункер;

в) перевозить автосварщика во время сварки и холостых пробегов.

В связи с множеством выполняемых операций агрегату было присвоено наименование листосварочного комбайна.

Опытным комбайном в течение пяти рабочих смен в ноябре 1953 г. было сварено два резервуара емкостью 400 м³, которые в начале 1954 г. были смонтированы на Новокуйбышевском нефтеперерабатывающем заводе и сданы в эксплуатацию. Сварка резервуаров производилась на флюсовых подушках, представлявших собой простейшие поддоны шириной 400 мм (рис. 6), расположенные по всему периметру стыков одной секции резервуара.

Испытания опытного комбайна на флюсовом стенде позволили установить серьезные преимущества этого вида сварки по сравнению с односторонней сваркой на магнитных стендах с медными подкладками. Сварка под флюсом на флюсовой подушке создает более благоприятные условия для формирования шва: устраняется резкое охлаждение нижней части шва медными подкладками, а также диффузия меди в металл шва. В результате исключается один из весьма опасных дефектов швов — образование поперечных трещин. Упрощается

конструкция стенов, отпадает необходимость изготовления дорогих, но недолговечных магнитов, на каждом стенде экономится более тонны меди; за счет снижения режимов сварки и устранения магнитов экономится электроэнергия.

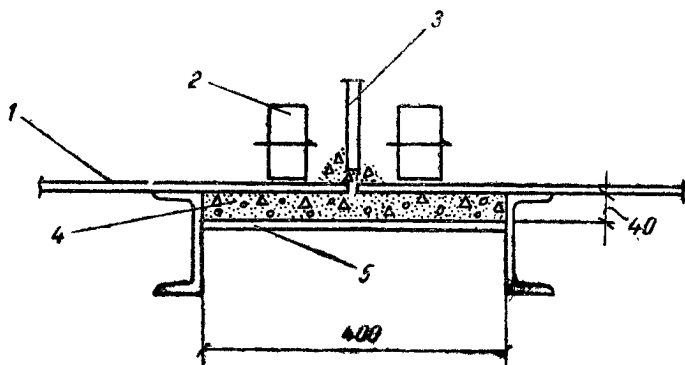


Рис. 6. Сварка на флюсовой подушке:

1 — свариваемые листы; 2 — прижимные катки; 3 — электродная проволока; 4 — флюсовая подушка; 5 — поддон.

Сварка на флюсовом стенде позволяет производить сборку полотнищ и очистку кромок листов в стороне от стенда, что способствует увеличению производительности труда. Листосварочный комбайн облегчает труд автосварщика, позволяет отказаться от подсобных рабочих, занимающихся уборкой флюса и засыпкой его в бункер. В связи с увеличением емкости бункера для флюса и кассеты для электродной проволоки сокращаются затраты времени на заправку. Благодаря применению более низких режимов сварки уменьшаются деформации листов из плоскости полотнища. Листосварочный комбайн имеет и другие преимущества, на которых мы остановимся в дальнейшем.

Однако опытный листосварочный комбайн, как всякая опытная машина, имел целый ряд конструктивных недоработок, без устранения которых переходить к производственному использованию его не представлялось возможным.

В 1952—1953 гг., как известно, односторонняя сварка переживала критический период своего развития. Большинство производителей и специалистов по

сварке разуверились в возможности получить качественную одностороннюю сварку. Независимо от исхода испытаний листосварочного комбайна было решено отказаться от стыковых соединений на тонких листах и заменить их нахлесточными, а имеющиеся одноярусные установки переоборудовать на двухъярусные. Была переоборудована на двухъярусную и та установка, на которой производилось испытание листосварочного комбайна.

Практически на этом закончился первый, весьма трудный период внедрения автоматической сварки в резервуаростроении—период поисков наиболее рациональных и производительных методов односторонней сварки.

ДВУХСТОРОННЯЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА

Двухъярусные стенды для сварки полотнищ резервуаров были предложены группой специалистов Главстальконструкции и впервые построены трестом «Стальмонтаж» в гор. Салавате и трестом № 7 Главнефтемонтажа в гор. Черниковске, Башкирской АССР.

Изобретение двухъярусного стенда явилось весьма удачным решением вопроса кантовки больших полотнищ, позволившим применить обычную, наиболее простую технологию сварки стыковых и нахлесточных швов с поворотом изделия на 180°. В настоящее время на всех предприятиях Советского Союза рулонные заготовки свариваются на двухъярусных стендах.

Схема двухъярусной установки для изготовления рулонных конструкций показана на рис. 7. Принцип ее работы заключается в следующем. Обработанный по принятой технологии и уложенный в контейнер в соответствии с требуемой последовательностью сборки, резервуарный лист с помощью мостового крана подают на приемную площадку двухъярусной установки. Из контейнера лист с помощью тельфера грузоподъемностью 1 т, передвигающегося по монорельсовому пути 5, подают на сборосварочный стенд 1 первого яруса установки. Строповку листов производят с помощью быстродействующих магнитных захватов 6.

Сборосварочный стенд первого яруса снабжен магнитами, схематическое расположение которых показано

на рис. 8. Магниты установлены только в тех местах, где согласно проектным разверткам корпусов резервуаров емкостью от 2 000 до 5 000 м³ предусматриваются стыковые швы.

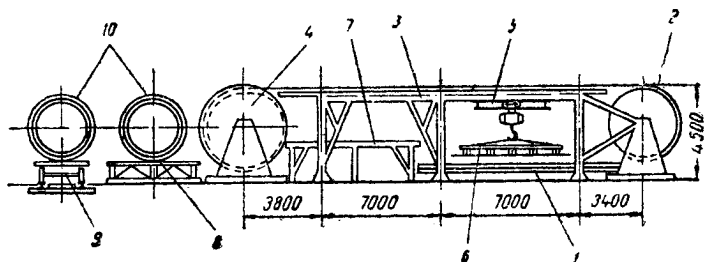


Рис. 7. Схема двухъярусной установки для изготовления рулонных конструкций.

1 — стелд первого яруса; 2 — холостой барабан; 3 — стеллажи второго яруса; 4 — установка для сворачивания; 5 — монорейс; 6 — магнитный захват; 7 — контрольная площадка; 8 — стеллаж для готовых рулонов; 9 — железно-дорожная платформа; 10 — готовые рулоны.

На раме магнитного стенда смонтированы приспособления рычажно-эксцентрикового типа с поднимающимися роликами. При укладке листа на магнитный стенд, а также во время сварки ролики занимают крайнее нижнее положение, примерно на 10 мм ниже поверхности магнитов. По окончании сварки во избежание порчи магнитов при перемещении сваренного полотнища ролики поднимают в крайнее верхнее положение. При этом сваренное полотнище приподнимается над рабочей поверхностью магнитного стенда на 25—30 мм.

В настоящее время применяются магниты двух основных типов: двухколодочные и четырехколодочные (рис. 8). Вдоль продольной оси магнитов укладываются медные планки шириной 38—40 мм, толщиной 16—20 мм. Их назначение — предотвращение случайных прожогов во время сварки. Медные планки укладываются на одном уровне с поверхностью магнитов.

Стыкуемые листы укладывают на магниты с таким расчетом, чтобы их кромки располагались по осям медных планок; допускается небольшое смещение — не более 10 мм от оси. По отношению друг к другу листы укладывают по возможности плотнее. Зазор в стыках листов должен быть не более 1 мм для листов толщиной 3—5 мм, 2 мм — для листов толщиной 6—8 мм и 3 мм —

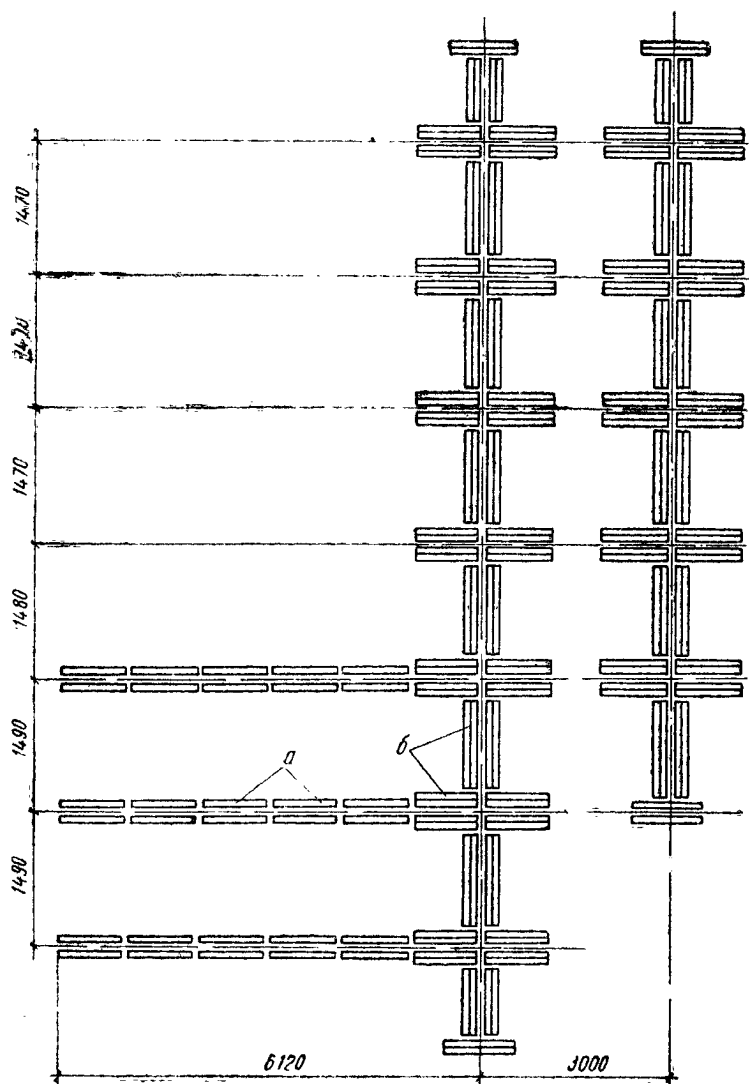


Рис. 8. Схема расположения магнитов двухъярусной установки:
 а) двухколодочный магнит, б) четырехколодочный магнит.

для листов толщиной 10—12 мм. В местах нахлесточных соединений листы укладывают с соблюдением нахлестов, предусмотренных проектными развертками. Как правило, величина нахлеста принимается равной 30 мм.

Нахлесточные соединения собираются без участия магнитов. В тех случаях, когда нахлесточное соединение подлежит сварке сплошным автоматным швом, вдоль всего соединения через 150—300 мм ставят ручные прихватки. Затем прихватки зачищают и производят автоматическую сварку. В тех же случаях, когда на первом ярусе нахлесточные соединения проваривают не сплошным, а прерывистым швом, после постановки сборочных прихваток намечают по шаблону участки прерывистого шва (например, по 100 мм с промежутками в 300 мм) и затем по намеченным рискам производят ручную сварку.

Большинство стыковых соединений собирается с помощью магнитов, которые позволяют значительно ускорить сборку листов и гарантируют хорошее совмещение стыкуемых кромок.

Магнитный стенд включается не одновременно, а по группам. Порядок включения групп и производства сварочных работ зависит от принятой технологии для каждого изделия в отдельности. Имеется, однако, несколько общих рекомендаций относительно порядка ведения сварочных работ. Рекомендуются, например, вначале сваривать наиболее ответственные вертикальные стыки корпусов резервуаров, а затем швы горизонтальные. Причем вертикальные стыки целесообразнее заваривать в направлении от середины полотнища к его краям. Ту же последовательность сварки (от середины к краям) рекомендуется соблюдать при сварке всех остальных швов. Сварные швы, выходящие на свободную кромку полотнища, в обязательном порядке заканчиваются на выводных планках. В то же время сварные швы, продолжающиеся за пределами свариваемых листов или секций, обязательно недовариваются на 250 мм до конца и перекрываются при наложении последующих швов. В качестве примера приводится порядок сборки и сварки двух секций корпуса резервуара емкостью 5000 м³ (рис. 9).

Автоматическая сварка под флюсом производится сварочными тракторами ТС—17М конструкции Инсти-

туда электросварки Академии Наук УССР имени академика Е. О. Патона. Для сварки в основном применяется флюс АН—348 А и электродная проволока диаметром 4 мм марки СВ—08 или СВ—08ГА по ГОСТ 2246—54. Применяемые режимы автоматической сварки стыковых, а также нахлесточных швов приведены в таблице 1. Сварка обычно производится на постоянном токе обратной полярности.

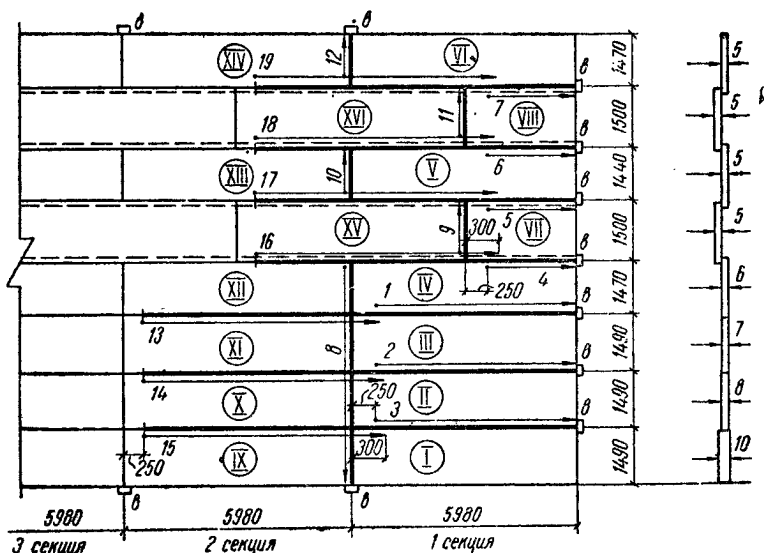
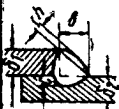


Рис. 9. Порядок сборки и сварки на первом ярусе двух секций корпуса резервуара емкостью 5000 м³.

в — выводные планки 250×100×8 мм; I—VIII — порядок раскладки листов первой секции; IX—XIV — порядок раскладки листов второй секции; 1—19 — очередность сварки швов 1 и 2-й секций.

Питание сварочных тракторов осуществляется от сварочных агрегатов постоянного тока ПСМ-1 000 или ПС-500. Для ручной сварки применяются сварочные агрегаты ПС-300.

На нижнем ярусе установки работает один или два сварочных трактора. После заварки со швов снимают шлаковую корку, производят наружный осмотр сварных швов и при необходимости исправляют швы автоматической сваркой,

Вид сварного соединения	Толщина листа		Параметры шва			Диаметр электрода	Сила тока в А	Напряже- ние дуги в В	Скорость подачи продолж. м/час	Скорость сварки м/час
	δ_1	δ_2	α	σ	h					
	4-5	4-6	10-14	2-4	1-2	4	350-450	28-32	52-57	47-50
	6-7	6-8	12-14	3-5	1,5-2	4	450-550	30-32	57-62	44-47
	8-10	8-10	12-15	4-6	2-2,5	4	550-650	32-34	62-68	40-44
	10-12	10-12	14-16	6-8	2-3	4	650-750	32-36	68-74	37-40
	3	3-4	5-6	1,5-2	0-1	4	250-300	26-28	52-57	57-65
	4	4-7	6-8	2-3	0-1,5	4	300-350	28-30	52-57	52-57
	5	5-8	7-10	3-4	0-2	4	350-400	28-30	57-62	47-52
	6	6-8	8-12	4-5	0,5-2	4	400-450	30-32	62-68	44-47
	4-5	4-6	8-12	3-4	1,2	4	400-500	26-30	52-57	47-50
	6-7	6-8	10-12	4-5	1,5-2	4	500-600	28-32	57-62	44-47
	8-10	8-10	10-14	5-6	2-2,5	4	600-700	30-34	62-68	40-44
	10-12	10-12	12-14	6-8	2-3	4	700-800	32-34	68-74	37-40

Если сваренная секция является первой секцией полотна, к ее начальной кромке приваривают концы четырех-шести полос, с помощью которых осуществляют перемещение сваренной секции в направлении сворачивания. Другие концы этих полос приваривают к замыкающей кромке ранее сваренного полотна или, огибая холостой барабан и второй ярус установки, крепят к кольцам барабана, на который производится сворачивание. Сечение полос принимается равным 100×4 мм.

После закрепления первой секции включают привод сворачивающей установки, и сваренная секция продвигается к холостому барабану, с помощью которого полотно перемещается на второй ярус установки, переворачиваясь при этом на 180° (рис. 10).

Второй ярус имеет три участка: сварка второй стороны швов, контроля качества швов, покраски и оформления полотнищ.

Весь второй ярус представляет собой простые стеллажи, на которые опирается и по которым перемеща-

ется полотнище. В качестве продольных прогонов принимают обычно неравнобокие уголки с направленными вверх перьями большей полки. В дополнение к прогонам на участке сварки по осям сварных швов устанавливаются поддоны шириной 300 мм из листа толщиной 2—3 мм, предназначенные для удержания брызг рас-

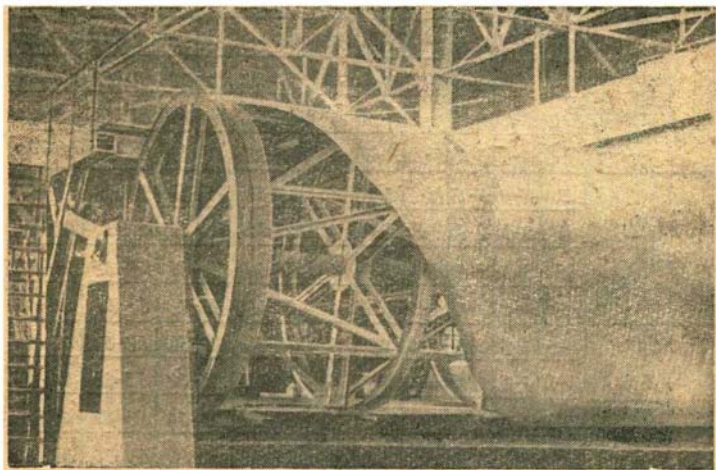


Рис. 10. Переход днища резервуара емкостью 5 000 м³ на второй ярус установки.

плавленного металла при случайных прожогах полотнища.

Сварку на верхнем ярусе, как правило, производят одновременно двумя сварочными тракторами. Рекомендуемый порядок наложения сварных швов—от центра полотнища в направлении к краям. Нахлесточные швы на втором ярусе проваривают на тех же режимах, что и на первом. Режим сварки стыковых швов на втором ярусе назначают из условия проварки корня шва, сваренного на первом ярусе. Эти режимы даны в таблице 1.

Полностью сваренное полотнище передвигается на участок контроля швов. Испытание сварных швов на плотность производят с помощью керосина или вакуум-камеры. Наиболее ответственные сварные стыки дополнительно подвергают просвечиванию лучами радиоактивных изотопов. Места просвечивания устанавливают

ся техническими условиями в зависимости от назначения и конструкции рулонных заготовок.

Участки сварных швов с обнаруженными дефектами вырубает и заваривают ручной дуговой сваркой электродами типа Э-42А (в потолочном положении) и автоматической сваркой (в нижнем положении).

По окончании проверки сварных швов внешнюю поверхность полотнища огрунтовывают.

СПОСОБЫ СВАРИВАНИЯ РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

В процессе освоения производства рулонных заготовок испытано несколько способов сваривания их.

При изготовлении первого опытного резервуара емкостью 240 м³, смонтированного на Киевской нефтебазе в 1948 г., сваривание производилось на сплошной барабан, установленный на двух опорах. Для снятия рулона с барабана одна из опор, поддерживавших барабан, убиралась. После снятия внутри рулона устанавливались распорки для придания ему жесткости на время транспортировки к месту монтажа.

Анализируя недостатки этого способа, Г. В. Раевский [2] пришел к выводу о необходимости принятия других схем. Для сваривания корпусов, днищ и настила кровли резервуаров Институтом электросварки АН УССР имени академика Е. О. Патона в 1949—1950 гг. были запроектированы три установки. В основу этих различных по своей конструкции установок был положен общий принцип сваривания не на барабан, а на инвентарные кольца жесткости. Этот способ был назван безбарабанным.

На Куйбышевском заводе монтажных заготовок в 1949 г. была сооружена по проекту Института электросварки опытно-промышленная установка для сваривания корпусов резервуаров емкостью 5 000 м³. Подробное описание работы этой установки было дано Г. В. Раевским [2], а также А. С. Фалькевичем и другими [3]. По принципу безбарабанного сваривания было изготовлено 25 рулонов.

Позднее, в 1951 г., по предложению автора был осуществлен способ сваривания рулонных заготовок на легкий решетчатый барабан, используемый в качестве

одного из конструктивных элементов резервуара: центральной стойки или шахтной лестницы (рис. 11).

По сравнению со сворачиванием на специальные кольца жесткости сворачивание на решетчатый барабан, используемый в качестве элемента резервуара, имеет ряд преимуществ.

1. Трудоемкость снижается на 40—50 чел.-часов на один рулон.

2. Уменьшаются затраты на исправление «хлопу-

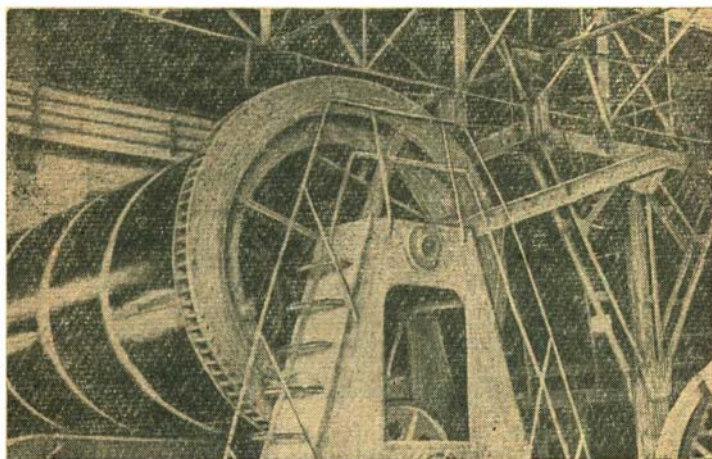


Рис. 11. Сворачивание рулонных заготовок.

нов», правку погнутого металла, улучшается качество резервуаров.

3. Расход металла сокращается не менее чем на 1 000 кг на один рулон.

4. Расходы на транспортировку (железнодорожный тариф) уменьшаются в пределах от 300 до 5 000 руб. на один рулон (в зависимости от расстояния перевозки).

Кроме перечисленных выше преимуществ, необходимо отметить, что со сворачиванием рулонов на каркас— конструктивный элемент резервуара — значительно улучшились условия для комплектной поставки резервуарных конструкций. Например, ранее шахтная лестница поставлялась в виде нескольких отправочных элементов, каждый из которых по различным причинам мог не дойти до монтажной площадки, что вызывало

задержки в монтаже и дополнительный расход металла и труда на повторное изготовление. При использовании лестницы в качестве каркаса рулона возможность ее некомплектной поставки исключается, так как лестница полностью собирается на заводе и отгружается обязательно вместе с основными рулонированными конструкциями.

Не менее важное преимущество сворачивания на каркас заключается в возможности свертывания по этому методу на тех же установках не только прямоугольных полотнищ корпусов резервуаров, но и полотнищ

Таблица 2

Технологические схемы сворачивания резервуаров емкостью от 100 до 5 000 м³

№ группы	Емкость резервуаров, м ³	Порядок сворачивания	Описание погрузки
I	100 и 200	Сворачивание производится на специальный решетчатый барабан диаметром 1 700, 2 000 или 2 660 мм. На один барабан наворачиваются один, два или три комплекта корпусов и днищ резервуаров.	Конструкции грузятся на две двухосные платформы независимо от того один, два или три комплекта отгружаются.
II	300, 400, 700 и 1 000	Один комплект корпуса и днища наворачивается на центральную стойку. Сворачивание производится на диаметр 1 700—2 000 мм.	Комплект конструкций резервуара грузится на две двухосные платформы: на первую — корпус, днище и стойка; на вторую — щиты покрытия и лестницы.
III	2 000, 3 000 и 5 000	Корпус сворачивается на шахтную лестницу, днище — на центральную стойку. Сворачивание производится на диаметр 2 660 мм.	Корпус с лестницей и днище с центральной стойкой грузятся на две четырехосные платформы. Для погрузки щитов резервуара емкостью 2 000 м ³ требуется одна двухосная платформа; для резервуаров емкостью 3 000 и 5 000 м ³ — две двухосные платформы.

кругового или сегментного очертания: днищ и кровель резервуаров. В связи с успешным сворачиванием днищ на центральную стойку резервуара отпала необходимость в строительстве специальных установок для изготовления рулонированных днищ, что позволило значительно уменьшить капитальные затраты по сооружению цеха рулонных заготовок.

Принцип сворачивания на каркас, используемый в качестве конструктивного элемента резервуара, в настоящее время применяется всеми заводами, изготавливающими рулонные заготовки.

В проектных решениях резервуаров, разработанных в последние годы Гипроспецпромстроем, Промстрой-проектом и другими организациями, предусматривается использование шахтных лестниц и центральных стоек в качестве каркасов для наворачивания корпусов и днищ резервуаров.

Исключением являются резервуары емкостью 200 и 100 м³ по типовым проектам Гипроспецпромстроя Т-1091 и Т-1092. У этих резервуаров отсутствуют центральные стойки, а лестницы в целях экономии металла запроектированы прислонными. Сворачивание корпусов и днищ резервуаров емкостью 100 и 200 м³ производится на специальный решетчатый барабан.

Общие схемы сворачивания резервуаров емкостью от 100 до 5 000 м³ по типовым проектам Гипроспецпромстроя приведены в табл. 2.

РАБОТА СВОРАЧИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

Сворачивающая установка состоит из следующих основных узлов:

а) нижней рамы, сваренной из швеллеров № 30, устанавливаемой на пол цеха; для создания противовеса рама заполняется бетоном;

б) двух станин с поворотными планшайбами;

в) механического привода, смонтированного на раме установки;

г) системы сменных валов, передающих вращение от привода к планшайбам сворачивающей установки;

д) двух опорно-подъемных балок, установленных

на нижней раме, с домкратами грузоподъемностью не менее 25 т.

Каждая планшайба имеет четыре выдвижных штыря, с помощью которых производится крепление барабанов к планшайбам сворачивающей установки. Крепление сворачиваемых полотнищ к барабану осуществляют с помощью четырех-шести полос с сечением 100×4 мм, привариваемых к кольцам барабана. Вместо приварки полос применяют также крепление посредством специальных хомутиков.

Полотнища сворачиваются в рулон посекционно по окончании всех работ на всех участках двухъярусной установки. Сворачивание осуществляют со скоростью два метра в минуту. При монтаже установки во избежание спиральной навивки рулонов следует строго соблюдать параллельность осей холостого барабана и сворачивающего устройства, перпендикулярность осей холостого барабана и сворачивающего устройства к продольной оси всей установки.

В процессе сворачивания необходимо обращать внимание на плотность навивки отдельных витков рулона. Для этого процесс изготовления рулонных заготовок должен быть непрерывным, так как натяжение сворачиваемого участка полотнища создается за счет усилий трения, создаваемых весом всех секций, расположенных на первом и втором ярусах установки.

Последний виток рулона закрепляют на сварке с помощью шести-восьми планок длиной 400—500 мм, сечением 100×4 или 100×5 мм. Для закрепления витка используют полосы, скрепляющие концевую кромку свернутого рулона с начальной кромкой нового полотнища. После закрепления рулон проворачивают в планшайбах сворачивающей установки с таким расчетом, чтобы при погрузке на железнодорожную платформу замыкающие планки оказались на полу платформы.

Для снятия рулона с планшайб необходимо с помощью домкратов подвести под рулон опорно-подъемные балки, установить на них упорные клинья, вывернуть выдвижные штыри, с помощью которых барабан рулона крепится к планшайбам, и опустить опорные балки. Затем упорные клинья опускают и готовый рулон с помощью мостового крана перекачивают на выкатной стеллаж.

ПОГРУЗКА ГОТОВЫХ РУЛОНОВ

Рулоны грузят на железнодорожные платформы перекачиванием с помощью мостового крана, как правило, непосредственно на пол платформы или на доски толщиной 40—50 мм, шириной не менее 250 мм.

Перед выкатыванием рулона на платформу проводятся подготовительные работы. К полу платформы с противоположной накатыванию стороны пришивают строительными скобами диаметром 10—12 мм два упорных клина из деревянных брусьев сечением не менее чем 200×200 мм. Во избежание опрокидывания платформы при накатывании рулона под опорную балку платформы подводят выдвижные опорные стойки, рассчитанные на нагрузку не менее 25 т каждая. С выкатного стеллажа на пол платформы выдвигают перекидные балочки, предназначенные для перекачивания по ним рулона.

После перекачивания рулона на железнодорожную платформу под рулон подводят вторую пару деревянных клиньев того же сечения и крепят их к полу платформы. Чтобы предотвратить продольное смещение, рулоны закрепляют системой продольных и поперечных брусьев, устанавливаемых по полу платформы между торцами рулонов и торцовыми бортами платформы. В соответствии с требованиями Устава железных дорог торцовые борты платформы укрепляют каждый двумя деревянными стойками высотой 500 мм.

Дополнительные крепления рулона во избежание поперечного опрокидывания осуществляют установкой двух стяжных хомутов из полосы сечением 100×5 мм с приваренными к ним прутками диаметром 24 мм, конец каждого из которых снабжен шайбой 10×100×150 мм и двумя гайками М24. Торцы барабанов дополнительно крепятся к стоечным гнездам платформы скрутками из проволоки диаметром 6 мм в шесть нитей.

При транспортировке рулонов смешанным транспортом с последующей перегрузкой на морские или речные суда на рулонах наносится линия центра тяжести и направления подъемных цепей.

Отгружаемый рулон снабжается обычной маркировкой, а также табличкой размером 4×100×200 мм с нанесенным на ней шифром завода-изготовителя и порядковым номером рулона. Табличку приваривают к руло-

ну сплошным швом по всему контуру на высоте 1 м от низа первого пояса, на расстоянии 2 м от концевой кромки рулона.

При погрузке рулонов обращают особое внимание на правильность их размещения относительно продольной и поперечной оси платформы. Допускаемое смещение рулона от оси платформы не более 50 мм.

ИЗЫСКАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ РЕЗЕРВУАРОВ

В практике строительства резервуаров в Советском Союзе до недавнего времени превалировала конструкция покрытий, опирающихся на стропильные фермы. Основным недостатком этих покрытий была значительная трудоемкость монтажа, обусловленная выполнением основного объема сборочных и сварочных работ на высоте в тяжелых монтажных условиях. Трудоемкими были также операции по обработке и сборке деталей, выполнявшиеся на заводе: кольцевые прогоны были снабжены множеством разнотипных шпальных уголков с овальными отверстиями; в листах кровли предусматривались отверстия по периметру каждого листа и т. д.

Многочисленные отверстия в элементах покрытия, а также большинство крепежных уголков и косынок оказались бы ненужными, если бы сборка и сварка их производилась в заводских условиях, так как при этом нет необходимости в сборочных болтах. Для осуществления заводской сварки конструкция может быть уложена так, чтобы швы сваривались в удобном нижнем положении. Назревала необходимость укрупнения элементов (отправочных марок), изготавливаемых на заводе.

Однако простое укрупнение элементов покрытия без пересмотра принципиальной схемы требуемых результатов дать не могло. Для того, чтобы извлечь все преимущества метода рулонирования, необходимо было разработать специальную конструкцию покрытий, отвечающую всем требованиям скоростного индустриального монтажа. Наиболее полно отвечает этим требованиям конструкция покрытий, выполненных в виде жестких щитовых блоков.

Конструкция резервуаров со щитовой кровлей рождалась в непрерывной связи с технологией изготовления

рулонированных конструкций корпусов и днищ и, в первую очередь, с выбором способа их сворачивания. Отбор преимуществ различных способов сворачивания и устранение присущих им недостатков позволили создать наиболее рациональный способ — свертывание на барабан, используемый в качестве конструктивного элемента резервуара. Так появилась в резервуаре центральная стойка для опирания щитов покрытия, а затем и шахтная лестница, используемые в качестве барабанов для сворачивания корпусов и днищ резервуаров.

Значительное влияние на выбор окончательной конструктивной схемы резервуаров со щитовым покрытием оказали требования рационального использования подвижного состава при перевозке резервуарных конструкций по железной дороге. В одних случаях — для резервуаров больших емкостей целесообразно отправлять рулоны корпусов и днищ резервуаров отдельно, так как их вес весьма велик (резервуары емкостью 5 000, 3 000, 2 000 м³). В других случаях — для резервуаров средних емкостей целесообразно отправлять корпуса и днища свернутыми в общий рулон (резервуары емкостью от 300 до 1 000 м³). Для резервуаров малых емкостей (100 и 200 м³) в одном рулоне отправляют два комплекта корпусов и днищ.

В целях лучшего использования подвижного состава было решено производить сворачивание резервуаров емкостью от 100 до 1 000 м³ на меньший диаметр (1 700 или 2 000 мм) с таким расчетом, чтобы на железнодорожной платформе по обе стороны от рулона можно было уложить щиты покрытия.

Конструктивные особенности резервуаров емкостью от 100 до 5 000 м³ представлены на рис. 12.

У резервуаров первой группы (емкостью 100 и 200 м³) центральная стойка отсутствует. Покрытия этих резервуаров опираются только на корпус. Изготавливаемые в виде двух щитов покрытия резервуаров емкостью 100 и 200 м³ удобны в транспортировке и экономичны по затратам металла.

Характерной особенностью конструктивной схемы следующей группы резервуаров (емкостью 300, 400, 700 и 1 000 м³) является опирание щитового покрытия на центральную стойку диаметром 1 700 или 2 000 мм. Стойка используется в качестве барабана при сворачи-

вании корпуса и днища. Лестница к этим резервуарам принята прислонная двухмаршевая.

Конструктивная схема резервуаров емкостью 2 000, 3 000, 5 000 м³ отличается от схемы резервуаров предыдущей группы тем, что лестница выполняется здесь в

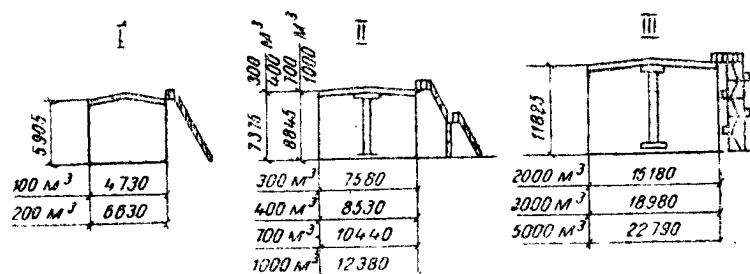


Рис. 12. Конструктивные схемы резервуаров со щитовым покрытием. I — резервуары емкостью 100 и 200 м³; II — резервуары емкостью 300, 400, 700 и 1 000 м³; III — резервуары емкостью 2 000, 3 000 и 5 000 м³.

виде каркаса, используемого для сворачивания корпуса. Диаметр колец центральной стойки увеличен до 2 660 мм.

Важное значение имеет выбор удачной разбивочной схемы щитовых покрытий. Все девять типоразмеров резервуаров имеют различные диаметры, в связи с чем разбивка покрытий на габаритные щиты для каждого резервуара производится по-разному.

Разбивочные схемы щитовых покрытий, изготавливаемых в настоящее время, приведены на рис. 13.

Преимущества резервуаров со щитовыми покрытиями по сравнению с резервуарами со стропильными фермами и листовым покрытием заключается в следующем.

1. Щитовая конструкция покрытий позволяет выполнить основной объем сборочных и сварочных работ в заводских условиях с широким применением средств механизации, при меньших затратах труда и лучшем качестве.

2. Щитовая конструкция позволяет применить автоматическую сварку не только при сварке настила на заводе, но и при сварке щитов между собой при монтаже.

3. Установка щитов покрытий больших резервуаров производится одновременно с разворачиванием корпуса,

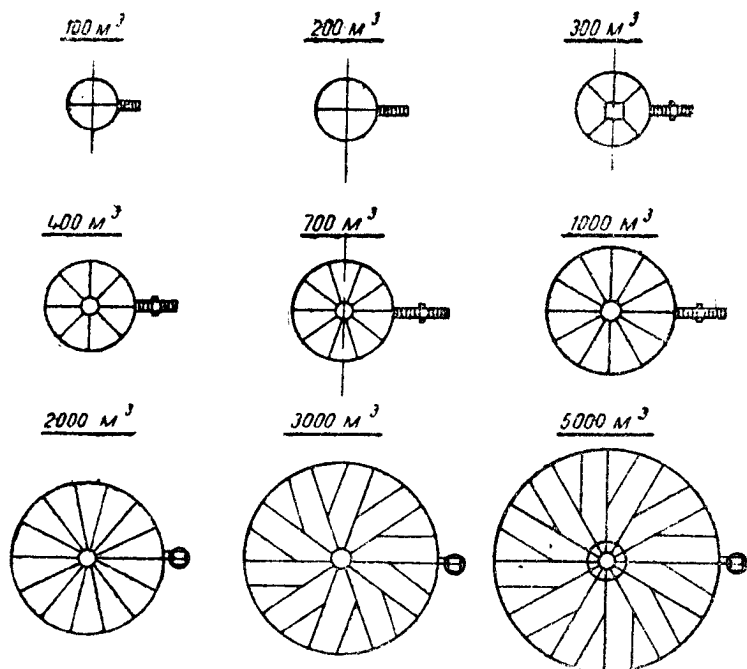


Рис. 13. Разбивочные схемы покрытий резервуаров.

Таблица 3
Сравнение некоторых конструктивных показателей покрытий

Конструктивные показатели	Резервуары ем- костью 2 000 м³		Резервуары ем- костью 5 000 м³	
	стропиль- ное покры- тие	щитовое по- крытие с центр. стойкой	стропиль- ное покры- тие	щитовое по- крытие с центр. стойкой
Количество деталей в по- крытии, шт.	673	396	1 236	839
Количество отверстий в де- талях покрытия, шт. . .	468	56	912	50

Примечание: Сравнение производится без учета настила.

при этом щиты покрытия надежно закрепляют развернутую часть корпуса резервуара, избавляя монтажников от постановки растяжек и устройства подмоостей; сроки монтажа с применением щитовых покрытий значительно сокращаются, форма резервуара получается более правильной.

4. Трудоемкость заводского изготовления деталей щитовых покрытий значительно ниже трудоемкости изготовления деталей стропильных покрытий. В щитовых покрытиях уменьшилось количество деталей, а сами детали стали проще, о чем можно судить по двум основным конструктивным показателям, приведенным в табл. 3.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЩИТОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Технология изготовления конструкций щитовых покрытий весьма проста. Обработку профильного и листового металла для щитовых покрытий производят на обычном оборудовании для изготовления металлоконструкций: листовые детали обрезают гильотинными ножницами, двутавровые балки — автогеном, резку уголков и швеллеров производят на универсальных пресс-ножницах. Уторные уголки гнут на правильно-гибочном прессе, а улавливатели и стропочные скобы — на кривошипном прессе.

Все операции по заготовке деталей производят по постоянным шаблонам. Готовые детали укладывают на контейнеры и с помощью мостовых кранов подают на участок сборки.

Сборку щитов производят по кондукторам. Кондукторы представляют собой каркасы, составленные из швеллеров № 16—20, зеркальной по сравнению со щитами конструкции. В местах расположения стыков настила кондукторы снабжены спаренными уголками.

Сборка щитов производится в следующей последовательности:

а) на кондуктор по имеющимся упорам накладывают впритык один к одному листы настила и прихватывают короткими и редкими электроприхватками (через 500—700 мм);

б) после раскладки на настил накладывают элементы каркаса в определенной последовательности: уторный уголок, основная несущая балка, ребра жесткости,

устанавливаемые в местах стыковки элементов настила, остальные обрамляющие элементы;

в) элементы каркаса щита соединяют прочными сборочными прихватками;

г) один из рабочих-сборщиков с помощью рычага, опирающегося на полки спаренных уголков кондуктора, поджимает настил к ребрам жесткости, а второй — в местах поджатия настила ставит сборочные прихватки; их ставят на расстояниях, обеспечивающих плотное прилегание листов настила к ребрам жесткости по всей длине;

д) к продольным ребрам каркаса щита приваривают строповочные уголки, и собранный щит с помощью крана переносят на участок сварки.

Участок сварки каркасов представляет собой эстакаду, вдоль которой в вертикальном положении устанавливают щиты покрытия. Во избежание опрокидывания щиты закрепляют откидными планками. Сварку элементов каркаса производят в нижнем положении, обеспечивающем наиболее высокое качество швов. После сварки каркаса производят автоматическую сварку настила щитов. Автоматической сваркой сваривают все стыки настила, а также нахлесточный шов присоединения настила к уторному уголку. Сварку осуществляют сварочными тракторами ТС-17М, электродной проволокой марки СВ-08А и СВ-08ГА диаметром 2 мм на постоянном токе обратной полярности. Скорость сварки — 63,5 м/час, скорость подачи электродной проволоки — 204 м/час, сила тока — 190 а, напряжение — 30 в.

Для сварки применяется в основном флюс АН-348А средней грануляции с размером зерен 0,6—2 мм.

При сварке настила предпочтение следует отдать керамическим флюсам, которые обеспечивают хорошее формирование шва при гораздо более высоких скоростях сварки и менее склонны к образованию пор в сварном шве.

После сварки на специальном участке, оборудованном вакуум-камерами, проверяют плотность сварных швов. Принцип работы вакуум-камеры состоит в следующем: сварной шов на участке проверки плотности промазывают водным раствором лакричного корня. На этот участок накладывают переносную вакуум-камеру и включают вакуум-насос. Внутри камеры создается разрежение; камера плотно прижимается к листам насти-

ла. При наличии пор, свищей и других неплотностей в сварном шве воздух через эти неплотности засасывается внутрь камеры, о чем свидетельствует появление мыльных пузырей на пленке раствора лакричного корня. Дефекты сварки отмечают мелом и исправляют автоматической сваркой. После подварки производят вторичное испытание плотности швов.

Основным достоинством вакуумного способа проверки плотности сварных швов является быстрота обнаружения дефектов. Вакуумный способ проверки швов экономичен и весьма надежен.

Изготовленные щиты поступают на участок антикоррозийных покрытий.

После зачистки, покраски и маркировки щиты грузятся на железнодорожные платформы и отправляются на монтаж.

МОНТАЖ РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

Как было указано выше, метод рулонирования в настоящее время применяется при сооружении целого ряда различных конструкций. Подробно осветить процессы монтажа всех конструкций в небольшой брошюре не представляется возможным. Ограничимся описанием основных принципов монтажа отдельных элементов, из которых состоят различные по виду и размерам резервуарные конструкции. Такими элементами являются днища (резервуаров, газгольдеров, понтонов и т. д.) и вертикальные стенки (корпусов резервуаров, стенки телескопов, колоколов и корпусов газгольдеров, элементы гидравлических затворов и т. д.).

Монтаж днищ. Днища поступают на монтаж в виде одного, двух или трех монтажных элементов, свернутых, как правило, в общий рулон. Для мелких емкостей днища поступают в общих рулонах с остальными элементами. В отдельных случаях в одном рулоне поступают днища нескольких резервуаров.

Днища обычно монтируют непосредственно на песчаном основании с верхним гидроизоляционным слоем.

Во избежание самопроизвольного разворачивания рулон с днищем охватывается петлей троса. Затем автогенном перерезают планки, удерживающие кромки днища, и, ослабляя постепенно трос, дают возможность

днищу разворачиваться. Элементы днища собирают между собой с нахлесткой 50—80 мм, на прихватках.

В целях уменьшения деформаций в результате сварки монтажные швы между элементами днища рекомендуется сваривать по окончании приварки к днищу корпуса резервуара. Швы днищ испытывают на плотность с помощью вакуум-камер.

Подъем рулонов стенок. Монтаж вертикальных стенок начинается с подъема рулона в вертикальное положение. Для этого рулон накатывают на днище с таким расчетом, чтобы после его подъема свободное расстояние до кромки днища равнялось 1,5—2 м.

Наиболее распространен подъем с помощью А-образной падающей мачты и трубчатого шарнира, служащего опорой как для рулона, так и для мачты. Поднимают рулоны тракторами, оборудованными лебедками (рис. 14).

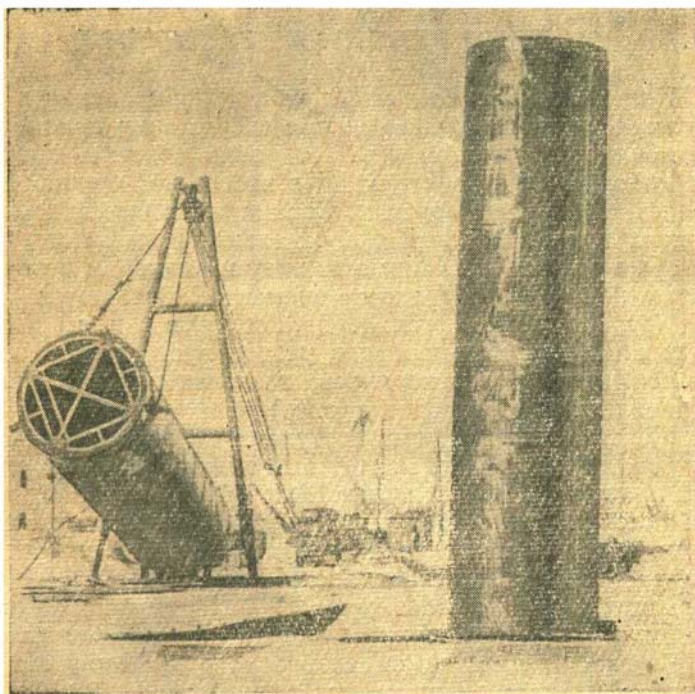


Рис. 14. Подъем рулона корпуса газгольдера емкостью 6 000 м³.
Справа — поднятый рулон стенки колокола того же газгольдера.

При переходе через положение критического равновесия в конце подъема рулон удерживают вторым трактором (или трубоукладчиком). Рулоны поднимают вместе с инвентарными монтажными стремянками, которыми пользуются при перерезании планок, соединяющих кромки рулонов, а также при монтаже элементов жесткости или щитов покрытий.

Рулоны сравнительно небольшого веса поднимают, не прибегая к А-образным мачтам. Под низ рулона подводят трубчатый шарнир, скрепляют низ рулона с шарниром стяжным хомутом, затем трубоукладчиком поднимают верх рулона на высоту 2,5—3 м, а остальной подъем осуществляют с помощью трактора, как и в первом случае.

В отдельных случаях рулоны поднимают в вертикальное положение с помощью кранов.

Рулоны устанавливаются на поддоны из листа толщиной 8—12 мм для перетаскивания их по днищу при разворачивании. Рулоны телескопов и колоколов мокрых газгольдеров целесообразно устанавливать на специальные постаменты высотой 200—400 мм (превышающей на 10—20 мм высоту проектных опорных двутавровых балок).

Разворачивание вертикальных стенок. Для облегчения установки разворачиваемого элемента в строго проектное положение на днище (или на других элементах, на которых устанавливаются стенки, например, на дисках затворов газгольдеров) наносят риску по наружному диаметру нижнего пояса, по которой через 300—350 мм приваривают ограничительные коротыши из углового или полосового железа¹. Затем расчаливают верхнюю часть рулона и перерезают соединительные планки, удерживающие начальную кромку.

Разворачивание осуществляют с помощью тракторов. По мере разворачивания развернутую часть стенки прихватывают к днищу.

Вслед за разворачиванием производят монтаж конструкций покрытия или других элементов, которые могли бы обеспечивать устойчивость развернутой части

¹ В некоторых монтажных организациях (например, в МУ-5 треста «Нефтехиммонтаж») в настоящее время ограничители не приваривают. Фиксацию разворачиваемых элементов в проектном положении осуществляют на прихватках, накладываемых по мере подхода разворачиваемых кромок к проектным рискам.

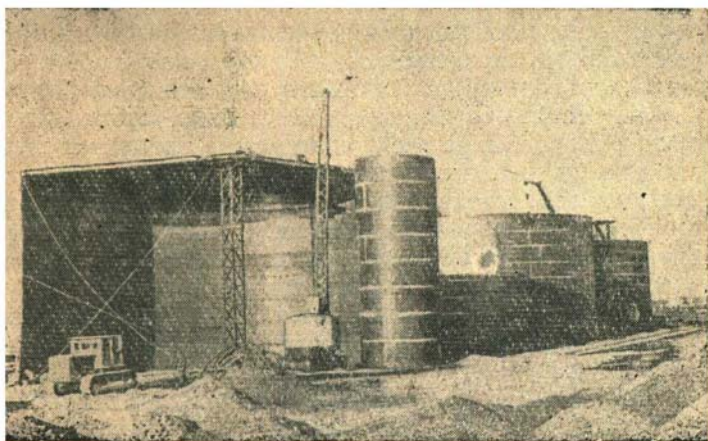


Рис. 15. Разворачивание корпуса резервуара емкостью 5 000 м³ с одновременным монтажом щитового покрытия.

стенки (рис. 15, 16). По окончании операции замыкают вертикальный нахлесточный шов, производят выверку смонтированных конструкций и проваривают монтажные швы.

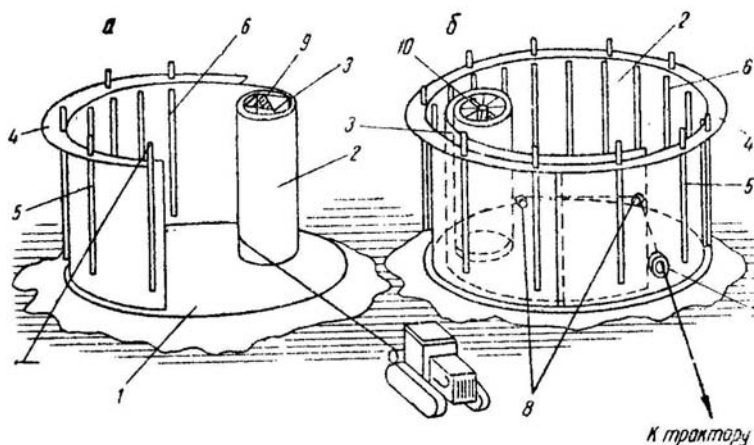


Рис. 16. Монтаж газгольдера.

а — разворачивание корпуса с одновременным монтажом конструкций балкона и направляющих; **б**) разворачивание колокола; 1 — днище резервуара; 2 — корпус резервуара; 3 — корпус колокола; 4 — балкон; 5 — внешние направляющие; 6 — внутренние направляющие; 7 — люк-лаз; 8 — отводные блокки; 9 — шахтная лестница; 10 — временная стойка для монтажа покрытия.

СООРУЖЕНИЕ РЕЗЕРВУАРОВ БОЛЬШИХ ЕМКОСТЕЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Требуемая емкость резервуаров диктуется целым рядом условий. В некоторых случаях, например, в промежуточных парках нефтехнологических установок, требуются резервуары небольших емкостей (как правило, не более 3 000 м³). В то же время в резервуарных парках при одновременном хранении значительных количеств однородных нефтепродуктов желательны наличие резервуаров больших емкостей.

Из исследований академика В. Г. Шухова, выполненных еще в 1883 году, следует, что один резервуар заданной емкости выгоднее по затратам металла, чем равновеликая ему по емкости группа малых резервуаров.

Сооружение резервуаров больших емкостей выгодно также по целому ряду других соображений: сокращается занимаемая площадь, уменьшается протяженность трубопроводов, стоимость запорной, дыхательной, предохранительной и замерной арматуры и т. д.

Однако строительство резервуаров емкостью более 5 000 м³ с началом массового освоения метода сворачивания плоских полотнищ в габаритные рулоны практически прекратилось. Объясняется это следующими причинами.

До недавнего времени считалось, что применение метода сворачивания возможно только при толщине листов не более 10 мм. Из этого следовало, что резервуары емкостью более 5 000 м³ с толщиной нижних поясов в 12—14 мм монтировать из рулонных заготовок невозможно. Сооружение резервуаров емкостью более 5 000 м³ из отдельных листов не могло соперничать с прогрессивными методами монтажа резервуаров из рулонных заготовок. При монтаже из отдельных листов все преимущества больших резервуаров полностью поглощались бы увеличением стоимости и удлинением сроков монтажа.

Можно смело утверждать, что в современных условиях сооружение резервуаров неиндустриальными методами стало невыполнимым.

Задача заключается в изыскании путей расширения границ применения метода сворачивания при сооружении резервуаров емкостью более 5 000 м³.

ВЫБОР НАИБОЛЕЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ

Имеются две основные конструктивные группы покрытий резервуаров:

I. Покрытия, опирающиеся только на корпус резервуара:

- а) покрытия по стропильным фермам;
- б) сферические покрытия по пространственным каркасам (типа купола Шведлера);
- в) сфероцилиндрические покрытия системы Днепропетровского инженерно-строительного института (конструкция М. И. Ашкинази) и другие.

II. Покрытия, опирающиеся на корпус и промежуточные стойки:

а) щитовые покрытия конструкции Главнефтемонтажа;

б) безмоментные кровли А. С. Арзуняна и другие.

Основным недостатком всех покрытий I группы является отсутствие удовлетворительных решений их индустриального монтажа. Они имеют также и другие недостатки, в силу чего их применение в резервуаростроении в настоящее время весьма ограничено. При применении покрытий I группы для резервуаров больших емкостей эти недостатки не устраняются. Более того, как показывает опыт проектирования, у больших резервуаров с покрытиями I группы расход металла на 1 м^2 покрытия увеличивается. Это весьма неблагоприятно сказывается на основном конструктивном показателе конструкций резервуара — расходе металла на 1 м^3 емкости.

Как известно, выводы академика Шухова об уменьшении расхода металла на 1 м^3 емкости с увеличением объема резервуаров справедливы только в том случае, если расход металла на единицу площади покрытия и днища постоянен (у резервуаров, которые анализировал академик В. Г. Шухов, несущие конструкции покрытия были деревянными и в расчетах учитывался только постоянный вес настила кровли).

Из приводимых ниже расчетов легко убедиться, что применение покрытий I группы для резервуаров больших емкостей приведет не к уменьшению, а к увеличению расхода металла на 1 м^3 емкости.

В связи с отмеченными выше недостатками приме-

ние этих покрытий для резервуаров больших емкостей не может быть рекомендовано.

При строительстве резервуаров емкостью до $5\,000\text{ м}^3$ в настоящее время, в основном благодаря своей индустриальности, наиболее широкое применение имеют щитовые покрытия. Они столь же успешно могут быть применены и в конструкциях резервуаров емкостью $10\,000$, $20\,000\text{ м}^3$ и более. При назначении достаточного количества опорных стоек все щиты покрытия будут иметь удобные для транспортировки и монтажа габариты и вес.

У щитовых, как и у других покрытий, опирающихся на промежуточные стойки, при увеличении емкости резервуаров расход металла на один квадратный метр перекрываемой площади сохраняется примерно на одном и том же уровне, что дает возможность применить

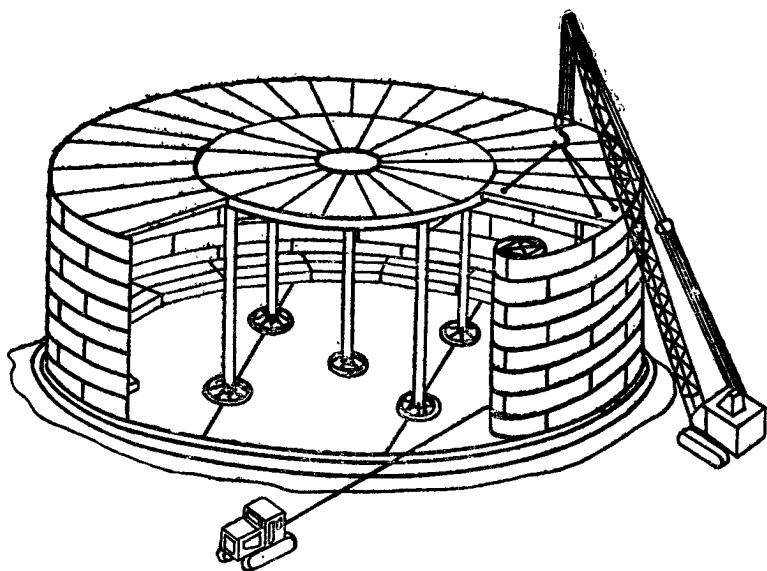


Рис. 17. Общий вид резервуаров емкостью $10\,000$ и $20\,000\text{ м}^3$.

в этом случае выводы академика Шухова об экономичности резервуаров больших емкостей.

У резервуаров с безмоментной кровлей вес покрытия несколько меньше, чем у резервуаров со щитовым покрытием. С точки зрения расхода металла безмомент-

ным кровлям следует отдать предпочтение перед щитовыми покрытиями. Однако отсутствие достаточно полных экспериментальных данных о работе резервуаров с безмоментной кровлей и данных их эксплуатации не позволяет сделать выводы о возможности применения безмоментных кровель в резервуарах больших емкостей.

Вполне надежными и наиболее индустриальными являются щитовые покрытия резервуаров, которые и предлагаются для применения в больших резервуарах. Общий вид резервуаров емкостью 10 000 м³ и 20 000 м³ представлен на рис. 17.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ

С точки зрения сокращения капитальных затрат на строительство специальных установок для изготовления резервуаров больших емкостей желательно сохранить высоту такой же, как и у резервуаров емкостью 5 000 м³, то есть не более 12 м. С других же точек зрения и в том числе в целях сокращения расхода металла, может быть, рациональнее принять для резервуаров большой емкости высоту более 12 м.

Для проверки сделаем расчет по двум вариантам: 1-й вариант — резервуары с высотой корпуса 11,92 м (8 поясов); 2 — вариант — резервуары с высотой корпуса 14,9 м (10 поясов).

Примем следующие условные обозначения:

- v — объем резервуара;
- H — высота корпуса;
- R_p — радиус резервуара;
- h — высота пояса резервуара; $h = 1,49$ м;
- t — количество поясов;
- i — порядковый номер пояса, начиная снизу;
- Q_n — вес щитового покрытия¹;
- Q_c — вес опорной стойки (в среднем $Q_c = 1\,500$ кг);
- n_1 — количество стоек;
- q_1 — общий вес щитового покрытия вместе со стойками, приведенный к 1 м² перекрываемой площади; у резервуара со щитовым покрытием

$$q_1 = \frac{Q_n + Q_c \cdot n_1}{\pi R_p^2} \approx \text{const};$$

практически $q_1 = 50$ кг/м²;

¹ Числовые значения весовых показателей по элементам резервуаров принимаются на основе данных практического конструирования.

q_2 — вес днища, приведенный к 1 м^2 сечения резервуара;

q_3 — вес понтонов, приведенный к 1 м^2 сечения резервуара;

$\gamma_{\text{п}}$ — удельный вес продукта; $\gamma_{\text{п}} = 0,9 \text{ т/м}^3$;

$\gamma_{\text{с}}$ — удельный вес стали; $\gamma_{\text{с}} = 7,85 \text{ т/м}^3$;

R — расчетное сопротивление металла шва при повышенных методах контроля, $R = 2100 \text{ кг/см}^2 = 21000 \text{ т/м}^2$;

n — коэффициент перегрузки; $n = 1,1$;

m — коэффициент условий работы; $m = 0,8$;

δ_i — расчетная толщина пояса;

$$\delta_i = \frac{H_i \cdot R_p \cdot \gamma_{\text{п}} \cdot n}{R \cdot m} = \frac{0,9 \cdot 1,1}{21000 \cdot 0,8} H_i \cdot R_p = 0,59 \cdot 10^{-4} \cdot H_i \cdot R_p;$$

Q_i — расчетный вес пояса резервуара;

$$Q_i = 2\pi R_p \cdot \delta_i \cdot h \cdot \gamma_{\text{с}};$$

H_i — расчетная высота (от верха резервуара до низа данного пояса) $H_i = (t - i + 1) \cdot h$

Подставив значения H_i в δ_i , получим:

$$\delta_i = 0,59 \cdot 10^{-4} \cdot R_p \cdot (t - i + 1) \cdot h;$$

$\sum Q$ — общий теоретический вес корпуса резервуара

$$\sum Q = 2\pi \cdot R_p \cdot h \cdot \gamma_{\text{с}} (\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_i + \dots + \delta_t);$$

1-й вариант. Резервуары с $H = 11,92 \text{ м}$.

Вес корпуса

$$\begin{aligned} \sum Q &= 2\pi R_p \cdot h \cdot \gamma_{\text{с}} \cdot 0,59 \cdot 10^{-4} \cdot R_p \cdot h \cdot [t + (t - 1) + \dots + 1] = \\ &= 2\pi R_p^2 \cdot h^2 \cdot \gamma_{\text{с}} \cdot 0,59 \cdot 10^{-4} (8 + 7 + \dots + 1) = \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 1,49^2 \cdot 7,85 \cdot 0,59 \cdot 10^{-4} \cdot 36 \cdot R_p^2 = 0,233 R_p^2. \end{aligned}$$

Выразим значение веса корпуса в зависимости от объема резервуара:

$$v = \pi R_p^2 \cdot H = 3,14 \cdot 11,92 \cdot R_p^2 = 37,5 R_p^2;$$

$$R_p^2 = \frac{v}{37,5}; \sum Q = 0,233 \cdot \frac{v}{37,5}; \sum Q = 0,00624 v.$$

Фактический вес корпуса больших резервуаров от теоретического может отличаться в пределах до 20%. $Q_{\text{к}} = \mu \sum Q$, где μ — строительный коэффициент, определяемый как отношение проектного веса корпуса резервуара к теоретическому и равный 1,2.

$$Q_{\text{к}} = 1,2 \cdot 0,00624 v = 0,0075 v.$$

Общий вес резервуара без понтона

$\dot{Q}_p = \dot{Q}_k + \pi R_p^2 (q_1 + q_2) + \dot{Q}_0$,
где Q_0 — вес лестницы, люков, ограждений,

$$Q_0 = 3,3 \text{ м} = \text{const.}$$

$$q_1 = 50 \text{ кг/м}^2; \quad q_2 = 43 \text{ кг/м}^2$$

(днище из листа $\delta = 5 \text{ мм}$ с утолщенными окрайками).

$$Q_p = 0,0075v + \pi \frac{v}{37,5} (50 + 43) + 3,3;$$

$$Q_p = 0,0153v + 3,3.$$

Общий вес резервуара с понтоном

$$Q_p^n = Q_k + \pi R_p^2 (q_1 + q_2 + q_3) + Q_0, \text{ где } q_3 = 46 \text{ кг/м}^2.$$

$$Q_p^n = 0,0075v + 0,0117v + 3,3;$$

$$Q_p = 0,0192v + 3,3.$$

2-й вариант. Резервуары с $H = 14,9 \text{ м}$.

Теоретический вес корпуса при $t = 10$.

$$\sum Q = 2\pi R_p^2 \cdot h^2 \cdot \gamma_c \cdot 0,59 \cdot 10^{-4} (10 + 9 + 8 + \dots + 1) =$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 1,49^2 \cdot 7,85 \cdot 0,59 \cdot 10^{-4} \cdot 55 \cdot R_p^2 = 0,356 R_p^2;$$

$$v = 3,14 \cdot 14,9 \cdot R_p^2 = 46,9 R_p^2;$$

$$R_p^2 = \frac{v}{46,9}; \quad \sum Q = 0,356 \frac{v}{46,9};$$

$$\sum Q = 0,0076 v.$$

Фактический вес корпуса:

$$Q_k = \mu \cdot \sum Q = 1,2 \cdot 0,0076 v;$$

$$\sum Q = 0,00914 v,$$

то есть вес корпуса при высоте 14,9 м на 22 процента больше, чем при высоте 11,92 м.

Легко убедиться, что с увеличением высоты резервуара на 15—20 процентов увеличивается толщина нижнего пояса. В связи с этим увеличивается толщина окрайки днища, принимаемая, как известно, равной 0,8 толщины нижнего пояса корпуса, а также толщина переходной и центральной части днища. С увеличением высоты резервуара увеличивается также расход металла на лестницы и опорные стойки покрытия.

В связи с этим у резервуаров высотой 14,9 м весовые показатели Q_0 , q_1 и q_2 примут следующие значения

$$Q_0 = 4,5 \text{ т},$$

$$q_1 = 51 \text{ кг/м}^2,$$

$$q_2 = 52 \text{ кг/м}^2.$$

Общий вес резервуара без понтона составит

$$Q_p = 0,01604v + 4,5 \text{ (тонн)}$$

и вес резервуара с понтоном

$$Q_p^n = 0,01914v + 4,5 \text{ (тонн)}.$$

Таблица 4

Весовые показатели резервуаров со щитовым покрытием
в зависимости от высоты корпуса

Фактически- емкость ре- зервуара, м ³	Резервуары H=11,92 м				Резервуары H=14,9 м			
	без понтона		с понтоном		без понтона		с понтоном	
	общий вес, т	расход металла на 1 м ²	общий вес, т	расход металла на 1 м ²	общий вес, т	расход металла на 1 м ²	общий вес, т	расход металла на 1 м ²
10 000	156,3	15,63	195,3	19,53	164,9	16,49	195,9	19,59
15 000	232,8	15,52	291,3	19,42	245,1	16,34	291,6	19,44
20 000	309,3	15,465	387,3	19,365	325,3	16,265	387,3	19,365

Как видно из таблицы, изменение высоты резервуаров в пределах от 12 до 15 м существенного влияния на расход металла не имеет. Из других соображений, и в первую очередь с точки зрения уменьшения потерь от испарения, увеличение высоты резервуаров было бы желательным. Имеются, однако, обстоятельства, вынуждающие принимать меньшую высоту резервуаров. В основном это обуславливается тем, что при увеличении высоты резервуара, как видно из приведенных выше расчетов, вес корпуса, а также расчетная толщина нижних поясов существенно увеличивается. Это нежелательно по двум причинам:

1. Как установлено отечественной и зарубежной практикой эксплуатации резервуаров, сварных судов и других листовых конструкций, при повышении толщины металла стойкость против хрупких разрушений понижается. Вывод о нежелательности применения в резервуаростроении толщин более 12 мм обоснован Г. В. Раевским. [4].

2. Так как на данном этапе сооружение резервуаров из отдельных листов практически стало невыполнимым, а опыт сооружения и эксплуатации рулонированных резервуаров с толщиной стенок более 12 мм отсутствует, применение толщин более 14 мм в столь ответственных сооружениях, как резервуары, без тщательных исследований следует считать рискованным.

Исходя из изложенных выше соображений, участники совещания по вопросам резервуаростроения, состоявшегося в Министерстве строительства РСФСР 10 марта 1960 г., решили рекомендовать к разработке и внедрению в 1960 г. резервуары емкостью 10 000 м³ с высотой стенки в 11,92 м, по схеме, предложенной Куйбышевским заводом.

Сооружение резервуаров емкостью 20 000 м³ намечено осуществлять по той же схеме с применением листовой легкосвариваемой низколегированной стали марки М (09Г2ДТ) по ЧМТУ 157—59. Эта сталь имеет более высокий предел текучести (35 кг/см² для листов толщиной 4—10 мм и 33 кг/см² для листов толщиной 12—18 мм), а также хорошую ударную вязкость при низких температурах (3,5 кгс. м/см² при $t = -40^\circ$ и 3,0 кгс. м/см² при $t = -70^\circ$).

При применении стали М толщина нижнего пояса резервуара емкостью 20 000 м³ может быть принята равной 12—14 мм.

Особенностью резервуаров емкостью 10 000 и 20 000 м³ является выполнение корпусов в нескольких рулонах. Так, например, корпус резервуара емкостью 10 000 м³ выполняется в виде двух рулонов весом около 45 т каждый, а корпус резервуара емкостью 20 000 м³ (из стали М) — в виде трех рулонов по 40 т каждый.

Днище резервуара емкостью 10 000 м³ изготавливается из трех полотнищ, свернутых в общий рулон, а днище резервуара емкостью 20 000 м³ — из четырех полотнищ, свернутых в два рулона по два полотнища в каждом рулоне.

Диски понтонов разбиваются на монтажные элементы подобно днищам и сворачиваются в общие рулоны.

Общее количество рулонов для резервуара емкостью 10 000 м³ — 4 шт., для резервуара емкостью 20 000 м³ — 6 шт.

Монтаж резервуаров больших емкостей проводится в следующем порядке.

Разворачиваются, свариваются и испытываются элементы днища, а затем элементы диска понтона. Поднимается в вертикальное положение первый рулон корпуса. На днище устанавливаются три опорные стойки и два звена кольцевого ригеля. По ходу разворачивания корпуса монтируются периферийные щиты и ящики понтонов.

По окончании разворачивания первого рулона корпуса освободившаяся стойка устанавливается в центре резервуара. Монтируются центральные щиты.

Поднимается второй рулон и собирается монтажный шов корпуса. Устанавливаются остальные стойки и звенья кольцевого ригеля и монтируются все центральные щиты. Разворачивается второй рулон корпуса, монтируются остальные элементы понтонов и щиты покрытий и т. д.

Предварительные подсчеты показывают, что сооружение резервуаров емкостью 10 000 м³ вместо резервуаров емкостью 5 000 м³ позволит снизить расход металла на 1 м³ емкости в пределах 10—12 процентов и стоимость — в пределах 12—15 процентов.

ПОВЫШЕНИЕ АНТИКОРРОЗИЙНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕФТЕРЕЗЕРВУАРОВ

Стальные резервуары, как показывает практика их эксплуатации, сильно подвержены коррозии. Она вызывается целым рядом факторов: действием агрессивных агентов атмосферы и почвы, электрохимическим действием поверхностных гальванопар, блуждающими подземными токами и т. д. Особую опасность для резервуаров представляют сернистые соединения, находящиеся в нефти и некоторых нефтепродуктах.

При изготовлении и монтаже конструкций резервуаров принимают ряд мер, направленных на повышение их антикоррозионной устойчивости. Наружные поверхности рулонных заготовок резервуаров перед сворачиванием в рулоны грунтуют лаком Л-177, суриком на олифе или другими грунтами. Теми же грунтами защищают наружные поверхности элементов покрытий, лестницы и другие наружные элементы.

Внутренние поверхности резервуарных конструкций в отдельных случаях предохранения от коррозии при перевозках и монтаже покрывают олифой.

При монтаже резервуаров на все наружные поверхности их наносят два слоя лака Л-177 с добавлением алюминиевой пудры.

Для предохранения днищ от коррозии на песчаные основания резервуаров укладывают слой гидроизоляции (так называемого «черного грунта»). Устройство гидроизолирующего слоя осуществляют в соответствии с технологическими условиями СН 26—58.

Все перечисленные выше меры направлены на борьбу с коррозией наружных поверхностей резервуаров. Меры по борьбе с внутренней коррозией пока принимаются только в отдельных случаях.

В 1959 г. на Куйбышевском заводе монтажных заготовок изготовлено некоторое количество резервуаров емкостью 700 и 1 000 м³ с антикоррозийным покрытием наружных и внутренних поверхностей. Антикоррозийные покрытия рулонных заготовок выполнялись по рекомендациям всесоюзной конторы «Лакокраскопокрытие» и треста «Монтажхимзащита» с участием представителей этих организаций.

На специально отведенном участке весь резервуарный лист подвергали тщательной пескоструйной очистке. Затем очищенный лист поступал в камеры покраски и сушки. Наружные поверхности резервуаров покрывали двумя слоями грунта АГ—10С и двумя слоями эмали ПХВ-714. На внутренние поверхности наносились три слоя эмали ВЛ-515. Покрытия наносились с помощью распылителей.

После наложения каждого слоя и выдержки в течение часа при температуре от +10° до +20°С листы отправлялись в камеру сушки.

Режимы сушки приводятся в табл. 5.

Во избежание повреждения покрытий при сварке, а также вредного действия эмалей и грунтов на сварные швы кромки листов шириной 50 мм не окрашивались.

Сборку и сварку полотнищ на установках производили с особыми предосторожностями, чтобы не повредить и не загрязнить окрашенные листы. Перед сворачиванием в рулон производили зачистку сварных швов и очистку полотнищ от загрязнений. Неокрашенные места вдоль сварных швов с внутренней стороны покрывали защитным грунтом ВЛ—08, а наружную поверхность

полотнищ — последним слоем эмали ПХВ-714 с добавлением алюминиевой пудры ПАК-4.

Как видно, применявшаяся технология антикоррозионных покрытий весьма сложна.

Щиты перекрытий резервуаров, лестницы, ящики понтонов и другие нерулонируемые элементы защищались теми же антикоррозионными покрытиями при более простой технологии: конструкции собирали и сваривали в обычном порядке, а затем направляли на опескоструивание, покраску и сушку.

Таблица 5

Режимы сушки антикоррозионных покрытий

Назначение покрытия	№ слоя	Наименование красителей	Время сушки, час	Температура сушки, °С
Защита металла от наружной коррозии	1	Грунт АГ-10С	1	60
	2	»	1	60
	3	Эмаль ПХВ-714 Т с	1	60
	4*	добавлением алюминиевой пудры	3	18
Защита металла от внутренней коррозии, вызываемой в основном парами сероводорода	1**	Эмаль ВЛ-515	3	60
	2	»	3	60
	3	»	3	60

* Последний слой наружной покраски рулонизируемых конструкций накладывался после сварки листов в полотнище непосредственно на установке.

** Или 1 ч. при 120°С для каждого слоя.

На рис. 18 показаны подготовленные к отправке конструкции резервуара емкостью 1 000 м³ с плавающим понтоном со специальными антикоррозионными покрытиями.

По окончании монтажа резервуаров все конструкции дополнительно покрываются перечисленными выше красителями, причем на места повреждений наносится несколько слоев.

Проведенные в 1959 г. работы по антикоррозионным покрытиям резервуарных заготовок в заводских условиях показали, что, несмотря на сложность применявшейся технологии, общая трудоемкость нанесения анти-

коррозионных покрытий в условиях завода ниже трудоемкости работ, выполняемых с этой целью на месте строительства резервуаров. При условии создания специального механизированного участка трудоемкость антикоррозионных покрытий, их себестоимость могут быть снижены не менее чем в три-четыре раза.

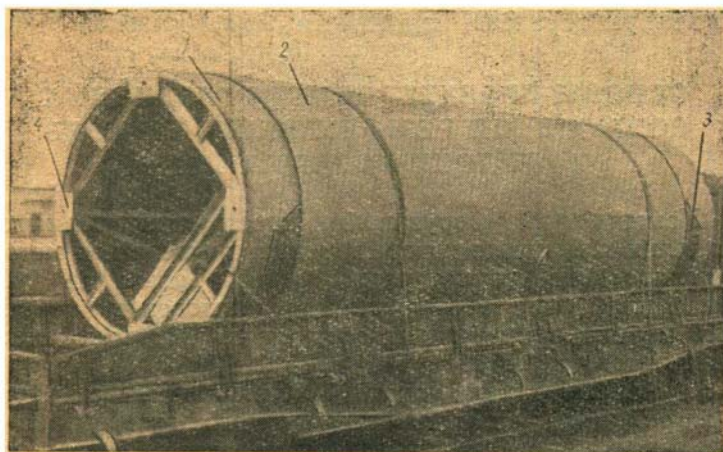


Рис. 18. Рулон конструкций резервуара емкостью 1 000 м³ с плавающим понтоном.

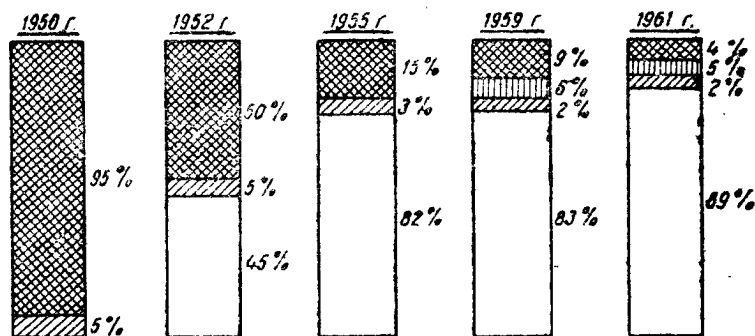
1 — корпус резервуара; 2 — днище резервуара; 3 — диск понтона; 4 — шахтная лестница.

Своевременная и качественная защита резервуарных конструкций позволяет значительно увеличить срок службы резервуаров, улучшает их внешний вид, значительно уменьшает ежегодный расход металла на строительство и капитальный ремонт резервуаров.

Наряду с организацией работ по антикоррозионным покрытиям стальных резервуаров в настоящее время ведется подготовка к применению в резервуаростроении алюминиевых сплавов, которые сами по себе стойки против коррозии и не требуют специальных защитных покрытий. Алюминиевые сплавы в первую очередь найдут применение в конструкциях покрытий и верхних поясов резервуаров, наиболее подверженных действию паров сероводорода.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА РУЛОНИРОВАНИЯ

Рулонирование в полном смысле этого слова является индустриальным методом сооружения резервуарных конструкций. Применение его позволило перенести со строительной площадки на завод большинство операций по сооружению резервуаров, в тридцать-пятьдесят раз сократить количество монтажных элементов и механизировать большую часть сварочных работ. Как видно из диаграммы (рис. 19), в настоящее время



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:



Рис. 19. Автоматизация сварочных работ в резервуаростроении. 1950 г. — полистовый монтаж с заводским изготовлением ферм покрытий; 1952 г. — освоено рулонирование корпусов резервуаров; 1955 г. — освоено изготовление резервуаров с рулонными корпусами, днищами и щитовыми покрытиями; 1959 г. — совершенствование методов изготовления и монтажа; 1961 г. — совершенствование конструкций и методов производства сварных работ.

автоматами под слоем флюса в заводских условиях сваривается 83 процента всех швов и только 9 процентов сваривается вручную на монтаже.

Значительно снизилась трудоемкость сооружения резервуарных конструкций. По диаграмме (рис. 20) можно проследить, как изменялась трудоемкость

выполнения работ на заводе и монтаже на различных этапах внедрения индустриальных методов строительства резервуаров. На первых этапах, как видно из диаграммы, трудоемкость заводских работ росла и снижалась трудоемкость монтажных работ. В дальнейшем за счет совершенствования методов производства снижалась трудоемкость не только монтажных, но и заводских работ.

Выполнение намеченных на 1960—1961 гг. планов комплексной механизации и автоматизации изготовле-

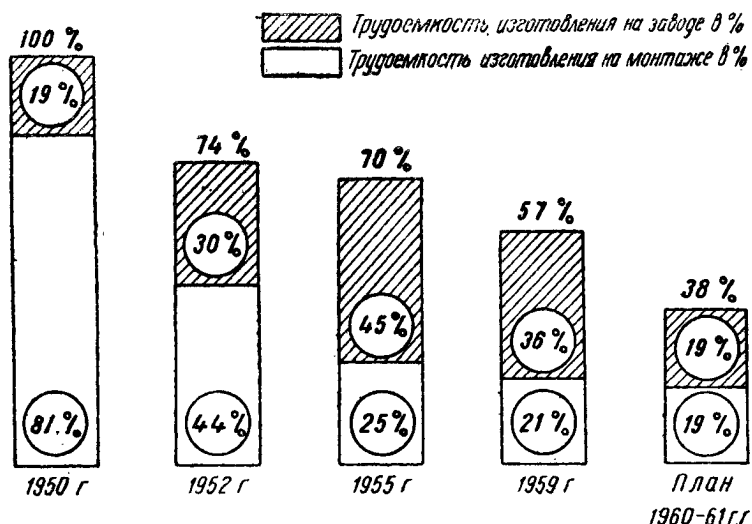


Рис. 20. Диаграмма снижения трудоемкости работ при сооружении резервуаров.

ния резервуарных конструкций позволит добиться резкого снижения трудоемкости заводской части работ и за счет этого дополнительно снизить трудоемкость сооружения резервуарных конструкций в целом. Непосредственным результатом снижения трудоемкости явится значительное повышение производительности труда рабочих, занятых в резервуаростроении.

Одним из основных преимуществ метода рулонирования является значительное сокращение сроков строительства. По сравнению с методами листовой сборки рулонирование позволило сократить сроки

сооружения резервуарных конструкций в пять-шесть раз и на 25—35 процентов снизить общую стоимость резервуарных конструкций.

Применение промышленных конструкций и механизация производственных процессов значительно улучшили качество смонтированных резервуаров и газгольдеров. Высококачественная автоматическая сварка дала полную гарантию надежности сварных швов.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ РЕЗЕРВУАРНОГО ТИПА ИЗ РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

Номенклатура сооружений и конструкций, при изготовлении и монтаже которых может применяться метод рулонирования, весьма разнообразна. Только на Куйбышевском заводе монтажных заготовок к началу 1960 г. были осуществлены следующие работы по внедрению этого способа.

Предложены, разработаны и полностью освоены конструкции вертикальных цилиндрических резервуаров с рулонированными корпусами и днищами и щитовыми покрытиями различных емкостей. Перепроектированы и изготовлены конструкции мокрых газгольдеров емкостью 1 000, 2 000, 6 000 и 10 000 м³ с применением рулонных заготовок днищ, корпусов резервуаров, телескопов и колоколов, газометров (резервуаров с подъемными крышами) емкостью 2 000, 3 000 и 6 000 м³ с применением рулонных заготовок днищ, корпусов и элементов гидравлических затворов.

Изготовлены конструкции резервуаров с плавающими понтонами емкостью 700, 1 000, 2 000 и 3 000 м³ с применением рулонных заготовок днищ и корпусов резервуаров, а также днищ понтонов.

Изготовлены опытные конструкции подземных металлических резервуаров емкостью 1 000 м³ (казематного типа), рулонные заготовки для металлической облицовки подземных железобетонных резервуаров емкостью 5 000 м³.

В большом количестве изготовлены по методу сворачивания плоских полотнищ горизонтальные резервуары емкостью 25, 50 и 75 м³.

Перепроектированы и изготовлены в виде рулонных

заготовок силосные банки для цементных складов емкостью 1 000 и 2 000 м³. Изготовлены рулонные заготовки для днищ и стенок прямоугольных резервуаров, погружных конденсаторов-холодильников различных типоразмеров, прямоугольных ванн для различных процессов химической обработки металлов и т. д.

Изготовлению и монтажу конструкций из рулонных заготовок предшествует весьма кропотливая отработка всех вопросов, связанных с применением рулонирования. Очередность проработки этих вопросов обычно принимается обратной последовательности изготовления и монтажа конструкций.

Прежде всего решается вопрос, какие из элементов данного сооружения могут быть свернуты в рулоны и каким образом рациональнее провести их разворачивание в процессе монтажа. Исходя из требований монтажа, намечают очередность сворачивания рулонизируемых элементов. Затем ориентировочно подсчитывается вес каждого элемента и определяется с учетом грузоподъемности четырехосных железнодорожных платформ количество рулонов для данного сооружения (или группы сооружений, монтируемых на одной площадке). Необходимо отметить, однако, что вопрос использования полной грузоподъемности платформ рассматривается только в тех случаях, если увеличение веса рулонов не вызывает затруднений в процессе монтажа.

Следующим из наиболее важных вопросов является выбор способа сворачивания рулонизируемых элементов данного сооружения. Рациональнее всего свертывать конструкции на какой-либо каркас, используемый в качестве конструктивного элемента данного сооружения. Задача состоит в том, чтобы найти в данном сооружении тот элемент, который после некоторой конструктивной переработки мог бы быть использован в качестве барабана для сворачивания рулонизируемых элементов. Если в сооружении имеется несколько таких элементов, необходимо установить, исходя из условий монтажа, на какой из них целесообразнее производить сворачивание. При решении этого вопроса нужно также установить возможный диаметр сворачивания для каждой рулонной заготовки данного сооружения. Практически следует считать возможным свертывать полотна, имеющие толщину листов менее 6 мм, на установках с начальным диаметром 1 700—2 000 мм. Полотни-

ша, имеющие в своем составе листы толщиной 6 мм и более, следует, как правило, свертывать на установках с начальным диаметром 2 660 мм.

Затем решаются вопросы конструктивного оформления заводских и монтажных соединений элементов сооружения. Сюда входит: окончательное определение толщины листов для каждого элемента; выбор типа соединений листов (в стык или внахлест); определение характера расположения листов в смежных поясах (с совмещением стыков или вразбежку); назначение размеров для отдельных деталей при условии рационального раскроя металла. Эти вопросы должны решаться с учетом особенностей имеющихся установок для сборки и сварки рулонных заготовок. В типовых проектах в связи с возможностью их использования на различных предприятиях необходимо предусматривать не менее двух вариантов раскроя рулонизируемых элементов: первый — для сварки на безмагнитных и второй — для сварки на магнитных стендах.

В последнюю очередь пересматриваются конструктивные решения нерулонизируемых элементов сооружения. При этом уделяется внимание следующим вопросам:

а) нерулонизируемые элементы сооружений конструируются с расчетом наиболее полного удовлетворения требованиям скоростного монтажа. Как правило, предусматривается возможность одновременного монтажа рулонизируемых и нерулонизируемых элементов, что способствует как ускорению монтажных работ, так и обеспечению устойчивости конструкций в процессе монтажа (например: щиты покрытия, монтируемые в процессе разворачивания, обеспечивают устойчивость корпуса резервуара, ускоряют процесс монтажа и т. д.);

б) нерулонизируемые элементы проектируются с учетом требований максимальной индустриализации, экономичными по затрате металла и в то же время простыми в изготовлении.

ПУТИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

Существующие двухъярусные установки были сооружены в основном в 1953—1954 гг. За истекший период производительность установок выросла примерно

в 1,6 раза, выпуск каждой установки достиг 4—5 тыс. т рулонных заготовок в год.

Новый подъем в повышении производительности труда и дальнейшее снижение себестоимости могут быть достигнуты на основе комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов по изготовлению рулонных заготовок. Важное значение в общем комплексе механизации и автоматизации производства их имеет создание наиболее совершенных установок для сборки, сварки и сворачивания рулонов.

В решении вопроса о конструкциях установок имеются два основных направления.

Первое направление предусматривает создание специализированных установок высокой производительности с полной механизацией и автоматизацией всех производственных процессов. Такие установки целесообразно специализировать на выпуске корпусов резервуаров емкостью 2 000 м³ и выше.

Имеются два варианта специализированных установок: со сборкой полотнищ из отдельных стандартных листов и со сборкой полотнищ из длинных лент, поставляемых металлургическими заводами в рулонах. И по первому и по второму варианту конструкция установки получается весьма сложной.

Применение длинных лент имеет некоторые преимущества. Ввиду меньшей трудоемкости изготовления отпуская цена их ниже цены обрезного листа. При изготовлении рулонных заготовок из длинных лент почти полностью исключаются поперечные швы, благодаря чему уменьшается трудоемкость сварки и повышается надежность конструкций.

Необходимо отметить, однако, что рулоны с длинной лентой до поступления на сборку должны пройти весьма сложный процесс подготовки. Поточная линия по подготовке лент должна состоять из специальных устройств для разматывания их, правки, устранения серповидности и наматывания в рулоны большого диаметра. Наматывание на эти промежуточные рулоны должно происходить в пределах упругости, ибо в противном случае затруднятся операции сборки полотнищ.

Производительность специализированной установки по изготовлению корпусов может составить 15—20 тыс. т рулонов в год.

Второе направление предусматривает создание

универсальных установок для изготовления различных рулонных заготовок: корпусов и днищ резервуаров и газгольдеров, понтонов и плавающих крыш, телескопов и колоколов и т. д.

Необходимость создания универсальных установок наряду со специализированными диктуется следующими обстоятельствами:

а) с целью уменьшения расходов по сворачиванию и транспортировке различных по своему конструктивному оформлению элементов (например, корпусов, днищ и понтонов резервуаров емкостью до 1 000 м³) необходимо собирать и сваривать эти элементы последовательно на одной и той же установке и сворачивать в один общий рулон, что может быть выполнено только на универсальной установке;

б) номенклатура рулонизируемых конструкций в настоящее время весьма разнообразна и в дальнейшем будет расширяться. Во избежание излишних затрат на сооружение большого количества специализированных установок для каждого типа изделий следует иметь универсальные установки, которые могли бы выпускать любую рулонизованную продукцию.

Листы, применяемые при изготовлении рулонных заготовок, в зависимости от толщины имеют различные размеры по ширине и длине. Полотнища, резко отличающиеся по раскрою и конфигурации, необходимо последовательно собирать и сваривать на установках. В связи с этим единственно возможной конструкцией сварочного стенда универсальной установки следует считать гладкую площадку, выложенную огнеупорным кирпичом или слоем сварочного флюса толщиной 3—4 см, сцементированного жидким стеклом. Сварка на таком стенде производится по принципу местного поджатия с помощью листосварочных комбайнов, осуществляющих одновременно функции поджатия, сварки и уборки флюса. По предложению академика Б. Е. Патона эти агрегаты оборудуются устройствами для автоматического направления по шву.

Принципиальная схема универсальной установки показана на рис. 21. Как видим, применение при сварке листосварочных комбайнов позволяет в целях резкого увеличения производительности установки вынести операции по сборке листов на самостоятельный участок, представляющий собой сплошной магнитный стенд. Ук-

ладка листов на стэнд осуществляется с помощью подвесной электрокран-балки грузоподъемностью 2 т, оборудованной быстродействующими электромагнитными захватами.

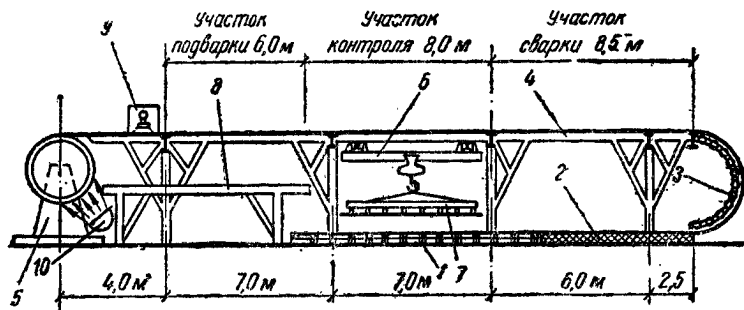


Рис. 21. Схема универсальной установки.

1 — сборочный стэнд магнитный; 2 — участок сварки—керамическая (флюсовая) постель; 3 — оборотный полубарабан с роликами; 4 — стэнд второго яруса; 5 — сворачивающее устройство; 6 — подвесная электрокран-балка; 7 — электромагнитный захват; 8 — контрольно-подварочная площадка; 9 — окрасочная камера (автоматическая); 10 — калорифер для суши.

Сварка на первом ярусе осуществляется двумя-тремя листосварочными комбайнами с догрузкой каждого в пределах 300—500 кг для обеспечения достаточного поджатия листов во избежание случайных прожогов при сварке. Автоматически направляемые по шву комбайны обслуживаются одним наладчиком.

На верхнем ярусе установки сварка ведется двумя-тремя комбайнами без догрузки.

Покраска рулонов производится автоматически — во время работы привода сворачивающей установки.

Производительность универсальной установки, обслуживаемой четырьмя-пятью рабочими, увеличится по сравнению с существующей в 2,5 — 3 раза и достигнет выпуска 10—15 тыс. т рулонной заготовки в год.

При реконструкции существующих цехов резервуарных конструкций и строительстве новых следует ориентироваться на сооружение как специализированных, так и универсальных установок. При одной специализированной установке желательно иметь две установки универсальные. Производительность такого цеха может быть доведена до пятидесяти тысяч тонн резервуарных конструкций в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Раевский Г. В.* Применение автоматической сварки для изготовления нефтерезервуаров. Автогенное дело, 1949, № 1.
 2. *Раевский Г. В.* Изготовление стальных вертикальных цилиндрических резервуаров методом сворачивания. Гостоптехиздат, 1952.
 3. *Фалькевич А. С., Храмixin Ф. Г., Иванцов О. М., Орлов В. М.* Сооружение сварных металлических резервуаров для хранения нефтепродуктов. Гостоптехиздат, 1952.
 4. *Раевский Г. В.* Предварительно напряженные конструкции сварных резервуаров и опыт их эксплуатации. Автоматическая сварка, 1959, № 9.
-

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

Предисловие	3
Особенности рулонных конструкций	7
Подготовка листов для изготовления рулонных заготовок	11
Эволюция односторонней автоматической сварки	12
Двухсторонняя автоматическая сварка	18
Способы сворачивания рулонных заготовок	25
Работа сворачивающей установки	28
Погрузка готовых рулонов	30
Изыскания рациональных конструкций покрытий резервуаров	31
Изготовление щитовых покрытий	35
Монтаж рулонных заготовок	37
Сооружение резервуаров больших емкостей промышленными методами	41
Выбор наиболее рациональной конструкции покрытия	42
Определение рациональной высоты	44
Повышение антикоррозийной устойчивости нефтерезервуаров	49
Экономическая эффективность метода рулонирования	53
Основы проектирования различных сооружений резервуарного типа из рулонных заготовок	55
Пути дальнейшего развития производства рулонных заготовок	57
Л и т е р а т у р а	61

ДИДКОВСКИЙ Всеволод Матвеевич
РЕЗЕРВУАРЫ ИЗ РУЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

*

Редакторы: *А. Г. Варжицкий, И. В. Постникова*
Обложка художника *А. В. Левенца*
Художественный редактор *Е. В. Альбокринов*
Технический редактор *Е. А. Яшенкина*
Корректоры: *О. П. Долгановская, С. С. Пасеиниченко*

*

Сдано в набор 20/X 1960 г. Подписано к печати 22/XII
1960 г. ЕО15283. Тираж 2 000 экз. Формат $84 \times 108^{1/32}$.
Физ. печ. л. 2,0. Усл. печ. л. 3,28. Уч.-изд. л. 3,22.
Цена 1 руб. С 1/I 1961 г. — 10 коп.

Куйбышевское книжное издательство, г. Куйбышев,
Молодогвардейская, 59.

9-я типография имени Маяки областного управления
культуры, г. Куйбышев, Венцека, 60. Заказ № 1223.

КУЙБЫШЕВСКОЕ
КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

*ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ
И ПОСТУПИЛИ В ПРОДАЖУ
КНИГИ*

А. Г. Варжицкий. Капитальное строительство в Куйбышевском экономическом районе. Стр. 84. Цена 1 руб. 20 коп.

В. П. Адаев, А. А. Знаменский. Электротермический метод натяжения арматуры. Стр. 44. Цена 60 коп.

А. М. Солдатов, В. С. Спорышев. Гидравлический разрыв пласта. Стр. 68. Цена 95 коп.

Ю. В. Футорянский, А. П. Морозов. Методы стабилизации размеров при термообработке. Стр. 100. Цена 1 руб. 50 коп.

Н. П. Новоселов. Механизированные зажимные приспособления. Стр. 57. Цена 80 коп.

КНИГИ МОЖНО ПРИОБРЕСТИ
ВО ВСЕХ МАГАЗИНАХ КНИГОТОРГА
И ПОТРЕБКООПЕРАЦИИ