

Г-90

С. В. ГРУМ-ГРЖИМАЙЛО

ОПЫТНЫЙ СВАРНОЙ РАСКОСНЫЙ МОСТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КРАНА

21.96
F-917



ЛЕНИНГРАД
1 9 3 3

ПРОВЕРЕНО 1934 г.

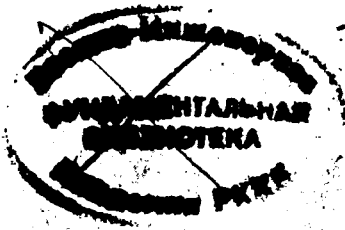
С. В. ГРУМ-ГРЖИМАЙЛО

Проверено 1937 г.

ОПЫТНЫЙ СВАРНОЙ
РАСКОСНЫЙ МОСТ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КРАНА

74747
1961

39-132



Техническая библиотека
Научно-исследоват. Ленинградского
Института Механизации Трансп. Ар.



ГОС. ПУБЛИЧ. Б-КА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

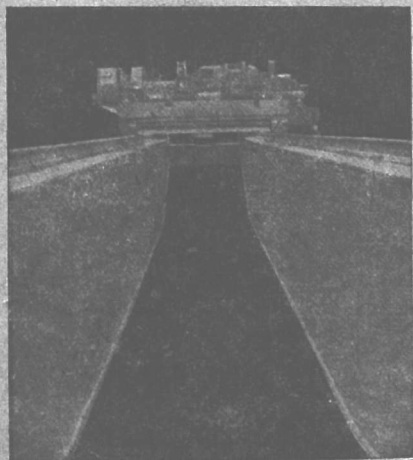
1386 $\frac{12}{68}$

$\frac{1}{11573}$

ВВЕДЕНИЕ.

Электросварка и автогенная резка являются двумя из наиболее сильных рационализаторских приемов, в корне изменяющих методы машиностроения, причем в одних отраслях влияние их сказывается сильнее, в других — слабее.

Крайностроение принадлежит к числу тех отраслей машиностроения, где новые методы рационализации должны произвести полный переворот, который коснется как железных конструк-



Фиг. 1.



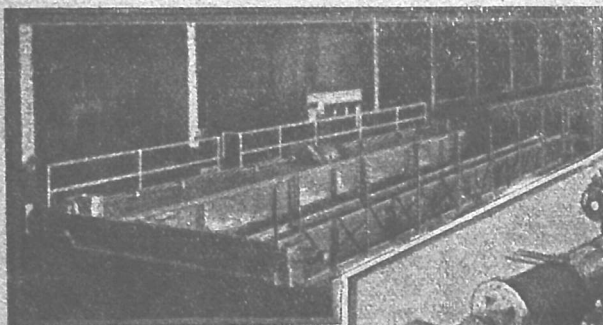
Фиг. 2.

ций крана, так и некоторых литых деталей: барабанов, рам тележек, кожухов шестеренных и червячных коробок и пр.

У американских фирм переход на сварку идет по пути вытеснения заклепки при изготовлении моста и вытеснения стального литья при изготовлении рам тележек (полный сварной кран фирмы Morgan Eng. Co показан на фиг. 1).

Что же касается Германии, то последняя идет робкими шагами по пути перехода на сварку, применяемую там, главным образом, в отдельных деталях крана и лишь изредка в мостах небольших подъемных сил, но без принципиального изменения их конструкций.

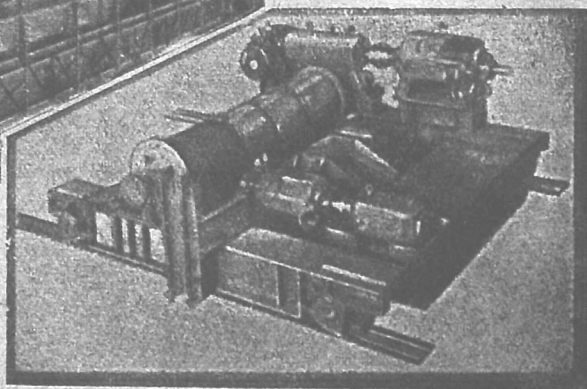
Необходимо отметить, что показанную на фиг. 2 и 3 американскую конструкцию крана можно перевести на сварку без коренного изменения и широко использовать применение автоматов (фиг. 4); европейский же раскосный мост (фиг. 5), основным связующим элементом ко-



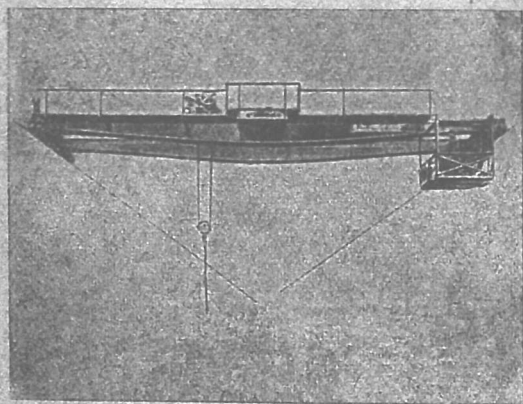
Фиг. 3.

торого является косянка, приходится перепроектировать сильно упрощая.

Ниже описывается первый опыт изготовления сварного раскосного моста нормального электрического крана 5 т подъемной силы пролетом 14 м на Московском заводе подъемных сооружений, который явился первенцем при переходе этого завода на сварку кранов.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

В настоящее время этот завод полностью перешел на сварку, закончив в апреле 1933 г. последний клепаный мост. Количество сваренных Московским подъемником кранов, балочной и раскосной конструкции, равняется многим десяткам, и опыт его является лучшим подтверждением правильности взятой, при

первых попытках варить, линии. Среди сваренных мостов есть мост 40 т, т. е. пролетом 23 м. Мост этот представляет собою почти копию описанного моста и полностью подтверждает пра-

вильность выводов, положенных в основу выбора конструкции. Мелкие крановые мосты не вполне подтвердили выводы гл. I, так как наиболее удобной в производстве мелких мостов оказалась конструкция фиг. 11 с заменой верхнего лафета горизонтально положенным швеллером.

Таким образом, описанную конструкцию следует применять для крупных кранов; для мелких кранов следует применять конструкцию фиг. 11.

Удачи Московского завода подъемных сооружений по внедрению электросварки должны, конечно, вызвать подражание,



Фиг. 6.

так как экономия от сварки не может не привлечь внимание заводских работников, поставив перед ними нелегкую задачу освоения качества сварки. На этот вопрос необходимо обратить самое серьезное внимание, причем особенно не советую пренебрегать удлинением сварного металла и не ссылаться на авторитеты, не придающие удлинению большого значения.

Удлинение есть прежде всего показатель окисленности металла, а кислород в железе является, как известно, одной из вреднейших примесей. Не получив хорошего удлинения, нельзя надеяться на удачу в сварке.

ГЛАВА I.

Выбор конструкции моста.

Прежде чем разбирать те или иные конструкции мостов кранов, остановимся на основном связующем части моста элементе — сварном шве, который в настоящее время дает много конструктивных возможностей и решительно вытесняет заклепочное соединение. Необходимо отметить, что сварной шов внакладку очень удобен для сварки и хорош в работе; заклепка, как известно, требует также накладки одной части на другую. Это свойство сварного шва дает возможность переходить на сварку с клепки, совершенно не изменяя конструкции, и оставляя на месте все косынки. Так идут многие заводы в различных отраслях строительства и машиностроения, так идут германские краностроительные фирмы. Особое внимание надо обратить на то, что сварка дает возможность соединять работающие элементы непосредственно, тогда как клепка в большинстве случаев требует применения косынок, как связующего элемента. Эта непосредственная связь стержней, во-первых, сильно упрощает конструкцию, во-вторых, делает ее более прочной и жесткой, поэтому при проектировании моста крана было сделано все, чтобы избежать применения косынок.

Конструктивное оформление швов сделано согласно „Инструкции по применению дуговой сварки в строительстве“, опубликованной институтом Норм и Стандартов строительной промышленности в брошюре под названием „Сварные металлические конструкции“ (ГНТИ, 1931 г.).

Ввиду того, что сварка является новым методом работы и сварные конструкции в настоящее время для многих представляют собою неизвестную область, — остановимся подробнее на основных конструктивных формах.

Прежде всего отметим, что приходится различать 3 типа швов: 1) лобовые (фиг. 6), 2) фланговые (фиг. 7) и 3) стыковые (фиг. 8) с их разновидностью торцевым швом (фиг. 9).

Выбор и применение тех или других швов, очень сильно влияющих на конструкцию моста, сделан на основании „раздела Б“ инструкции ИНОРС'а.

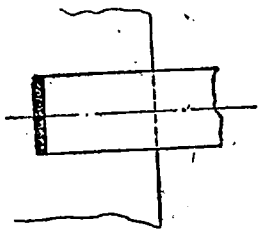
Приведем здесь некоторые выписки из этой инструкции: „§ 33... При проектировании сварных конструкций надлежит руководствоваться следующим:

а) Необходимо центрировать усилия, передаваемые сварными соединениями, во избежание появления дополнительных напряжений.

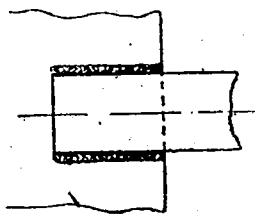
б) При действии на конструкцию динамической нагрузки, надлежит при соединении внахлестку развивать, главным образом, фланговые швы.

г) При равных прочих условиях с точки зрения экономии металла и конструктивных требований, рекомендуется отдавать предпочтение фланговым и лобовым швам перед соединениями встыки с прорезами.

д) Выгодность применения фланговых и лобовых швов небольшой толщины обуславливается, помимо относительно большей прочности швов небольшой высоты по сравнению с толстыми швами, тем, что объем на единицу длины шва с увеличением его размеров возрастает пропорционально квадрату высоты его рабочего сечения, тогда как механическая прочность увеличивается пропорцио-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

нально первой степени этой высоты; практически применение швов толщиной менее 4 мм имеет мало преимуществ, так как скорость сварки при применении малых толщин значительно уменьшается, с другой стороны, швы толще 20 мм мало экономичны.

е) В соответствии с пунктом „д“ настоящего параграфа везде, где возможен выбор, отдавать предпочтение непрерывному шву небольшой толщины, по сравнению с прерывистым более толстым, имея в виду большее сопротивление тонких швов и, в некоторых случаях, большую производительность сварки тонким швом.

и) Для соединения отдельных элементов конструкции рекомендуется избегать применения уголков и заменять их листами.

л) Везде, где только возможно, избегать фасонных накладок и вставок и доводить их (если таковые необходимы) до минимальных размеров, — вообще же надлежит элементы приваривать друг к другу внахлестку фланговыми и лбовыми швами.

Таким образом, при проектировании следует обращать особое внимание на развитие фланговых швов и не стремиться к увеличению толщины шва.



Фиг. 9.

Основным швом в железных конструкциях является прерывистый, и замена его сплошным, как то указано выше, хотя бы меньшей толщины, не всегда целесообразна, так как сильно удорожит сварку, особенно при тонком прерывистом шве. Такая замена была бы может целесообразна при работе на автоматах, но последние при сварке железных конструкций далеко не всегда применимы, почему ориентироваться на них не приходится.

В инструкции ИНОРС'a конструктивные размеры прерывистого шва разобраны только в разделе расчета Т-образных соединений, но положения, разработанные для Т-образного

соединения, могут быть легко распространены и на все прерывистые швы.

Согласно § 32, в) имеем:

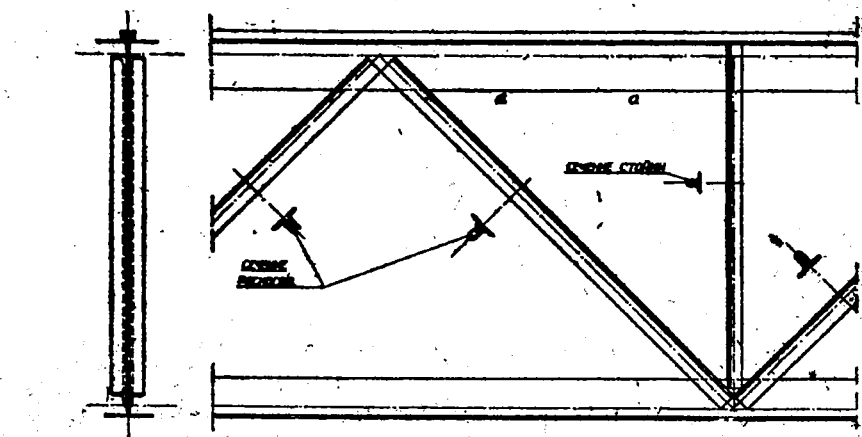
Наименьшая длина участка прерывистого шва (шпонки) (фиг. 10) должна быть 40 мм за вычетом кратеров, то-есть $\lambda_{\min} \geq 40$ мм; расстояние в свету не должно быть более 250 мм: $e \leq 2.0$ мм.

Эти конструктивные размеры и положим в основу при проектировании прерывистых швов.

Далее отметим разницу между горизонтальным, вертикаль-

ным и потолочным швами, указывающими на положение изделия во время сварки. Это различие между швами по положению, во время работы, оказывает большое влияние на качество сварки, так как вертикальный и

особенно потолочный шов значительно труднее горизонтального, и редкий сварщик варит потолочным швом так же легко, как горизонтальным. Все это заставляет при проектировании обращать серьезное внимание на процесс и порядок сварки и, конечно, влияет на конструкцию моста.

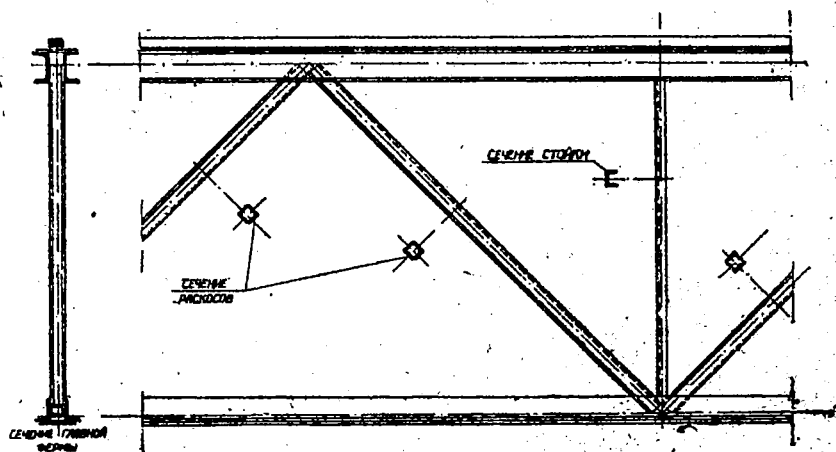


Фиг. 11.

Перейдем теперь к конструкции сварного моста.

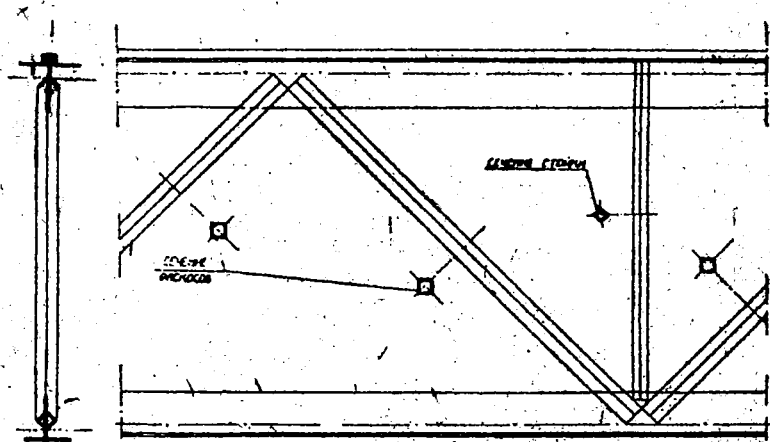
В настоящее время намечаются четыре конструкции кранового моста, изображенные на фиг. 11, 12, 13 и 14. Конструкции фиг. 11 и 12 очень близки между собой и отличаются сечением раскосов: раскосы фиг. 12 трубчатого сечения теоретически совершенно правильны и, конечно, будут легче раскосов фиг. 11 и 14. Мост по типу фиг. 14 предложен проф. В. П. Вологдиным.

Остановимся подробнее на сечении 'раскоса' фиг. 15 и 16. Эту конструкцию, как это ни странно, нельзя было найти нигде в литературе, несмотря на ее простоту и теоретическую правильность. Но все-таки ее решено было испытать, и проект



Фиг. 12.

был сделан, исходя из этого сечения. Первым подтверждением правильности выбора конструкции явились чертежи проф. Вологодина, демонстрированные на 3-м автогенном съезде в Москве.

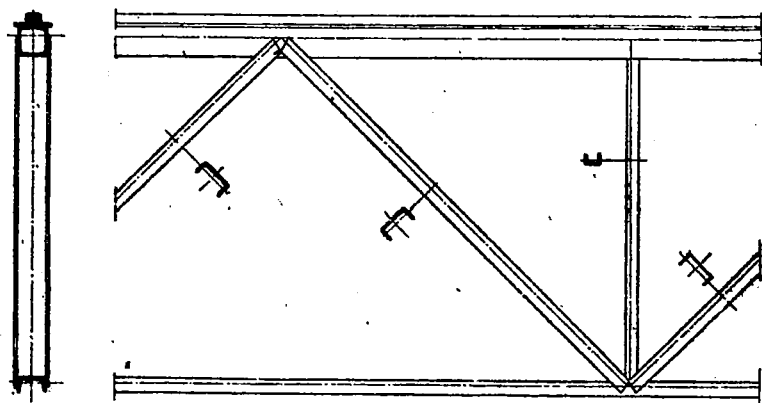


Фиг. 13.

В этих чертежах также часто встречалось это сечение. Из разговоров с проф. Вологодиным выяснилось, что в литературе действительно нет описаний подобных сечений, между тем это, безусловно, самое удачное сечение, и его применение не должно

вызвать никаких сомнений. Более того, один американский конструктор, увидев это сечение в чертежах моста, спросил, запатентовано оно или нет, и просил разрешения использовать его для своих конструкций. Практика полностью подтвердила возможность применения этого сечения, родившегося в СССР.¹⁾

Указанное сечение раскосов очень удачно сочетается с сечением верхнего пояса моста из двух швеллеров и нижнего пояса

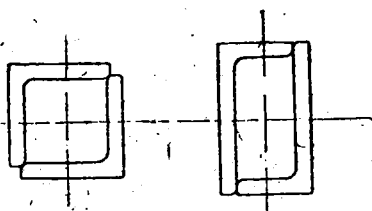


Фиг. 14.

из двух уголков, как это показано на фиг. 13, которая и легла в основу описываемого проекта моста.

Недостатком этого сечения считают то, что его нельзя прокрашивать с внутренней стороны во время периодических окрасок конструкции, но это нельзя считать недостатком в сравнении с другими конструкциями,

так как и в них есть очень много мест, куда не проходит кисть; примером может считаться хотя бы щель между двумя угольниками в сечении раскоса (фигура 11) или щель между двумя швеллерами раскосного клепаного моста. Прокраска уголков перед сваркой не вызывает никаких недоразумений; плотность



Фиг. 15.

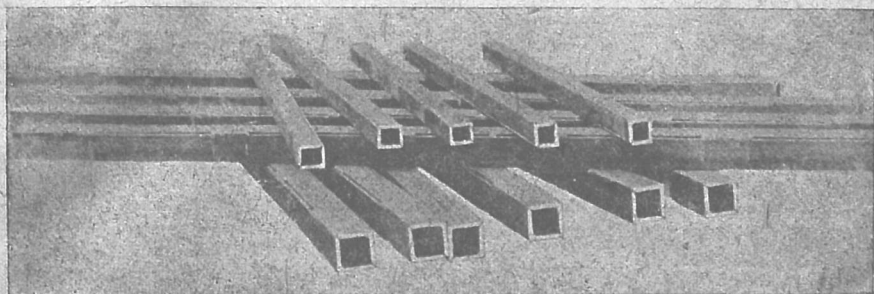
же сварного шва, дополненная в промежутках шпаклёвкой, больше гарантирует от попадания сырости, нежели открытая щель обычных сечений клепаных конструкций.

Сечения, изображенные на фиг. 11 и 12, также имеют некоторые крупные недостатки. Прежде всего, сечение верхнего пояса

¹⁾ В 1931 г. это сечение описано в брошюре Е. О. Патона и М. В. Петрова „Изыскания рационального типа электросварных ферм“.

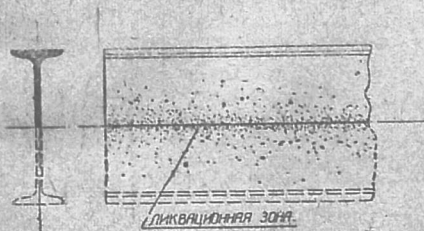
должно быть обязательно исполнено из универсального железа, так как в этом сечении от местного изгиба возникают высокие напряжения в нижней кромке листа, следовательно, эта кромка должна быть из высококачественного материала: она не должна быть отрезана ни ацетиленом ни ножницами, а может быть только кромкой универсального железа.

Особенно неудачной нужно считать попытку исполнить верхний пояс моста в виде тавра, полученного разрезанием

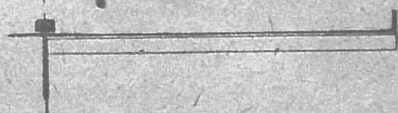


Фиг. 16.

вдоль двутаврового железа (фиг. 17) — операция, которая с точки зрения металлургии не выдерживает никакой критики. Как известно, в середине слитка собираются всегда все примеси, находящиеся в жидкой стали, образуя здесь ликвационную зону;



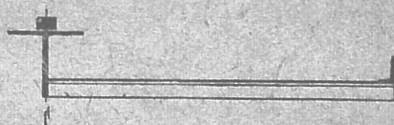
Фиг. 17.



Фиг. 19.



Фиг. 18.

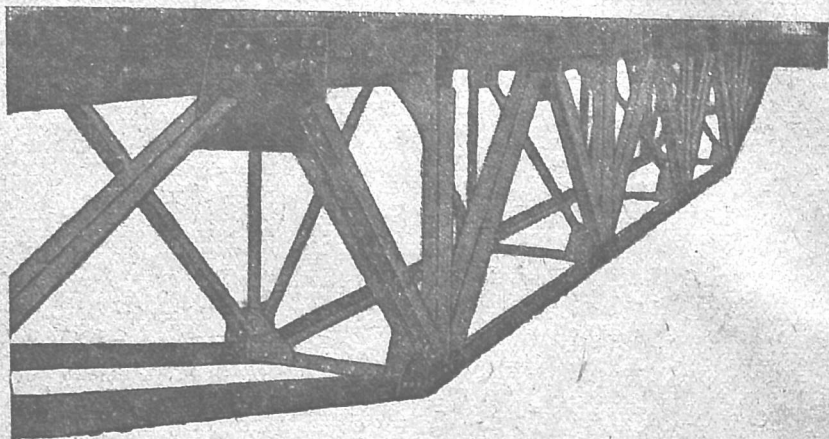


Фиг. 20.

благодаря наличию большого количества примесей, эта часть слитка является самой низкокачественной и не выдерживает обычных испытаний. При прокатке балок ликвационная зона (часто и заваренная усадочная раковина) попадает в среднюю часть балки и не вредит ее прочности, так как максимальные напряжения имеют место в полках, а не в стенке. Если же

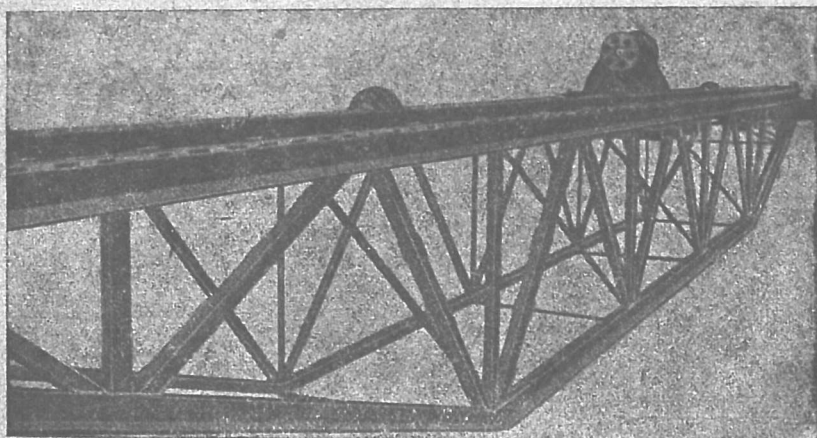
мы разрежем балку вдоль, то как раз самый скверный металл должен будет нести максимальную нагрузку.

Из других недостатков сечений (фиг. 11 и 12) можно указать на большую трудность получения закрытых раскосов



Фиг. 29.

в фиг. 12: придется прорезать щели для приварки раскосов к нижнему и верхнему поясам, что потребует много работы, или же расставлять раскосы, что нарушает их монолитность



Фиг. 30.

и теоретическую правильность. Раскосы фиг. 11 очевидно теоретически значительно хуже, чем фиг. 12 и 13, так как в них вся масса металла расположена в центре сечения, а не по краям,

как это имеет место на фиг. 12 и 13, они также хуже раскосов фиг. 14, которые, в свою очередь, уступают квадратным раскосам.

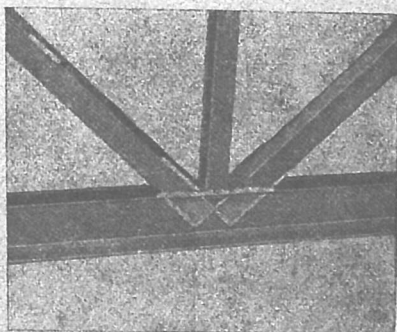
Конструкции фиг. 13 и 14 имеют еще одно преимущество перед фиг. 11 и 12, с точки зрения поперечного сечения моста. Это преимущество является следствием наличия в сечениях фиг. 13 и 14 нижней полки швеллера, дающей нам возможность очень удобно (фиг. 18) крепить боковую площадку и тормозные связи к главной ферме, причем основным соединяющим звеном является в этом случае фланговый или, в крайнем случае, лобовой шов.

Иначе обстоит дело при конструкции моста, изображенной на фиг. 11 и 12. Здесь тормозные связи и площадку приходится крепить так, как показано на фиг. 19 и 20. Фиг. 19 не удовлетворяет требованиям НКТ о высоте бортов рабочих площадок, так как обычно высота рельса недостаточна. В фиг. 20 основным связующим элементом является шов в притык, уступающий по прочности лобовому и особенно фланговому швам.

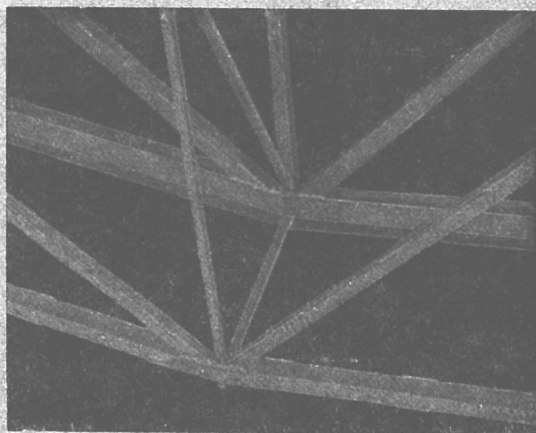
На основании всего вышеизложенного, в основу конструкции опытного моста было положено сечение фигуры 13, хотя фиг. 14 уступает только в конструкции раскосов, причем при проектировании особое внимание было обращено на удобство сварки моста и возможность пооперационного изготовления, вызывавшего вначале большие сомнения.

На практике сварка оказалась очень простой, совершенно не потребовала потолочных швов, очень мало наклонных и вертикальных, при большинстве горизонтальных. Число кантовок моста было немного больше, чем при клепаном (см. ниже).

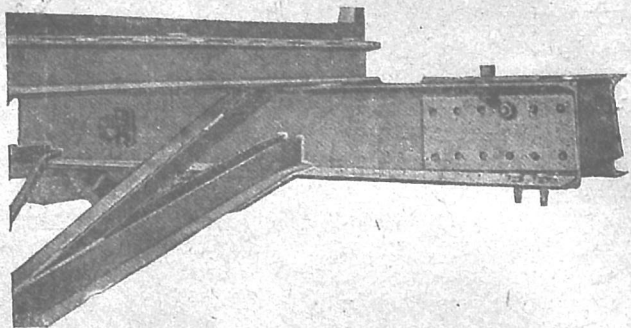
Чертежи главной и вспомогательной ферм, опорной балки и поперечного сечения моста (5 т подъемной силы, 14 м



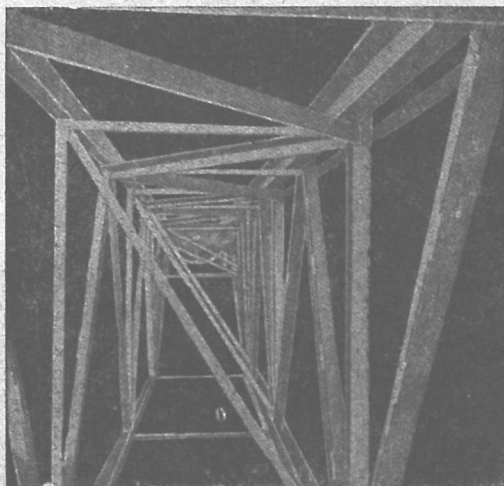
Фиг. 31.



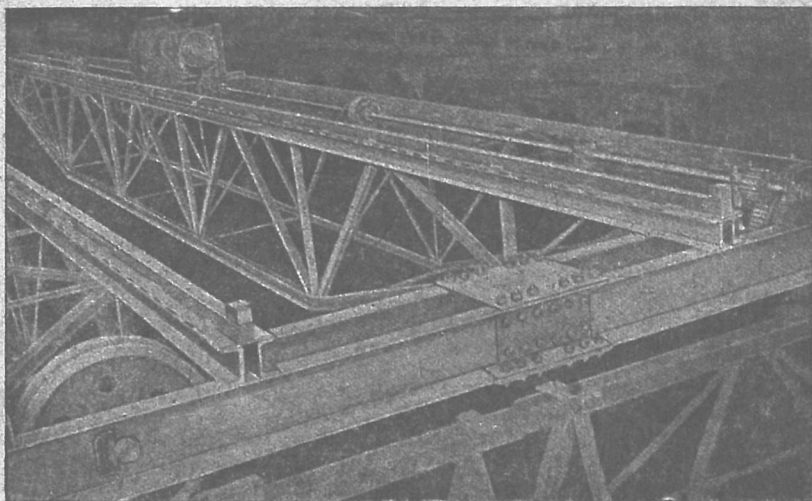
Фиг. 32.



Фиг. 33.



Фиг. 34.



Фиг. 35.

пролетом) даны на фиг. 21, 22, 23, 24 и 25 (см. в конце книги). Чертежи совершенно такого же, но клепаного, моста даны на фиг. 26, 27 и 28 (см. в конце книги).

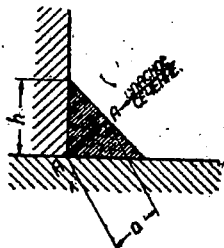
Фиг. 29 и 30 представляют фотографии клепаного и сварного моста — вид на главную ферму с одного и того же места. На этих фигурах бросается в глаза легкость конструкции сварного моста, по сравнению с клепаным. Фиг. 31, 32, 33 и 34 представляют фотографии узлов сварного моста (фиг. 35—вид сварного моста).

ГЛАВА II.

Расчет моста.

Напомним основные положения расчета сварного шва. При расчете шов рассматривается, как равнобедренный треугольник (фиг. 36), опасное сечение которого AA ; при этом делается различие между фланговым, лобовым и стыковым швами. Лобовой и стыковой швы считаются работающими на растяжение и сжатие; фланговый — на срез, в чем и заключается сходство сварного шва с заклепкой, которая работает также на срез. Основным размером шва является размер a , это единственный размер, поддающийся измерению.

Приведем здесь некоторые параграфы и формулы для расчета швов из „Инструкции по применению дуговой сварки в строительстве“, составленной ИНОРС'ом; в формулах везде введем размер a , а не $\sim 0,7h = \frac{1}{2}h\sqrt{2}$, как сделано в инструкции.



Фиг. 36.

Из § 16: Каждое сварное соединение должно быть рассчитано и проверено на прочность по следующей основной формуле:

$$P = F \cdot n, \text{ где } F = a \cdot \lambda$$

- P — сила, которая воспринимается данным сварным швом в кг.
- F — рабочее (расчетное) сечение шва в см^2 .
- a — высота рабочего сечения, она же — наименьшая расчетная толщина шва в см.
- λ — длина шва, за вычетом кратеров в см.
- n — допускаемое напряжение для сварочного шва в кг/см^2 .

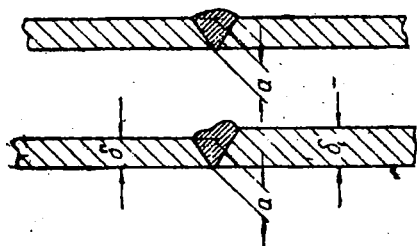
§ 17. Расчетная высота рабочего сечения шва определяется для фланговых и лобовых швов, как наименьшая высота треугольника (обыкновенно равнобедренного), вписанного в поперечное сечение шва, что дает при угле наклона наружной поверхности наварки в 45° $a = 0,7h$.

§ 18. Расчетная высота рабочего сечения сварного соединения стык (фиг. 37) принимается равной наименьшей толщине свариваемых элементов $a = e_{\min}$.

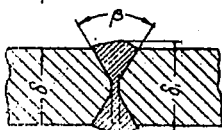
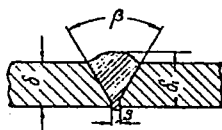
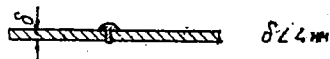
§ 20. Соединение встык, в зависимости от толщины свариваемых частей, осуществляется согласно схемам фиг. 38. При толщинах свариваемых элементов, превышающих 4 мм, обязательно делается наплыв в 20% от толщины при одностороннем скосе и 15% с каждой стороны при двустороннем скосе кромок.

Из § 21. Расчет соединений встык производится по формуле:

$$P = \lambda \cdot a \cdot n,$$



Фиг. 37.



$\delta \leq 4 \text{ мм}$

$\delta = \text{от } 4 \text{ до } 15-20 \text{ мм}$
 $\delta = 1,2 \delta$; $\beta = 60^\circ - 90^\circ$
 $S = \text{НЕ БОЛЬШЕ } 3 \text{ мм.}$

$\delta = \text{от } 15 \text{ и СЫЩЕ } 20 \text{ мм}$
 $\delta = 1,3 \delta$; $\beta = 60^\circ - 75^\circ$
 $S = \text{НЕ БОЛЬШЕ } 3 \text{ мм}$

Фиг. 38.

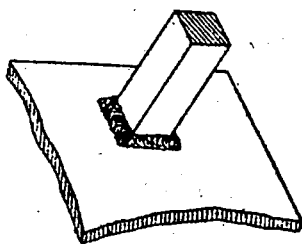
где P — допускаемое усилие в кг,

λ — длина шва в см,

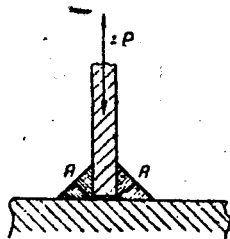
$a = \delta$ — расчетная высота рабочего сечения, равная наименьшей толщине свариваемых элементов в см,

n — допускаемое напряжение сварного соединения на растяжение или сжатие в кг/см².

Здесь необходимо отметить, что в инструкции ИНОРС а не разобран шов, являющийся разновидностью стыкового шва, который можно назвать швом впритык (фиг. 39). В этом случае опасным сечением шва

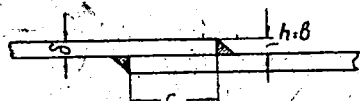


Фиг. 39.



Фиг. 40.

будет не толщина самого тонкого листа, а также сечение АА, что и в лобовом шве. Разница будет в направлении ломающего усилия (фиг. 40).



Фиг. 41.

Из § 22. При соединении внахлестку свариваемые предметы привариваются лобовыми или фланговыми швами, согласно фиг. 41. Наименьший размер нахлестки определяется по формуле $S = 5 \cdot \delta$, где δ — толщина соединяемых частей.

Лобовые и фланговые швы на практике делают слегка выпуклыми (фиг. 42), в расчет же вводится лишь $\triangle ABC$ с расчетной высотой рабочего сечения $AD = a = 0,7h$.

Такой метод расчета нельзя считать расчетом с запасом, так как даже при хорошей сварке часто имеет место непро-

вар в углу (фиг. 43), и выпуклость шва только компенсирует непровар.

Из § 23. а) Расчет соединений внахлестку производится на срезывание флангового шва по его рабочему сечению по формуле

$$P = a \cdot \lambda \cdot t,$$

где P — допускаемое для данного шва усилие в кг,

a — высота рабочего сечения в см,

t — допускаемое напряжение в шве на срезывание, в кг/см².

в) Расчет лобовых швов производится на растяжение или сжатие действующего в рабочем сечении усилия по формуле

$$P = a \cdot \lambda \cdot n,$$

где n — допускаемое напряжение на растяжение или сжатие в кг/см².

г) Толщина h конструктивных фланговых или лобовых швов, или швов примыкания не должна быть менее 3 мм ($a \geq 2$ мм).

Толщина n рабочих фланговых или лобовых швов не должна быть менее

4 мм ($a \geq 3$ мм); наибольшая толщина не должна быть больше удвоенной толщины более тонкого из 2 соединяемых элементов $3 < a \leq 2 \delta_{\min}$.

Наименьшая длина флангового (лобового) шва не должна быть менее 40 мм в чистоте (т. е. за вычетом кратеров), а именно

$$\lambda_{\min} \geq 40 \text{ мм.}$$

Наибольшая длина флангового шва, которую разрешается вводить в расчет, не должна превышать 25 высот шва h или (что в большинстве случаев то же самое) 25 толщин свариваемых частей $\lambda_{\max} \leq 25 h, \lambda_{\max} 25 \delta$.

д) При действии усилия не симметрично относительно двух фланговых швов (пример при прикреплении уголка к листу, фиг. 44) надлежит длины швов с каждой стороны назначать соответственно с положением оси центров тяжести привариваемого сечения, т. е.

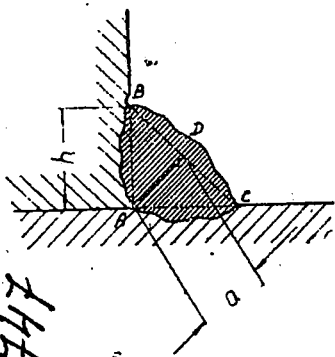
$$\lambda_1 + \lambda_2 = \frac{e}{b}; \quad \lambda = \lambda \frac{e_1}{b},$$

где $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$ — длина всех швов, соответствующая полному усилию,

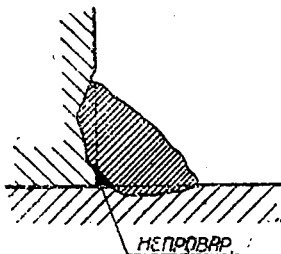
e и e_1 — расстояния центров тяжести от нейтральной оси,

b — ширина прикрепляемого элемента.

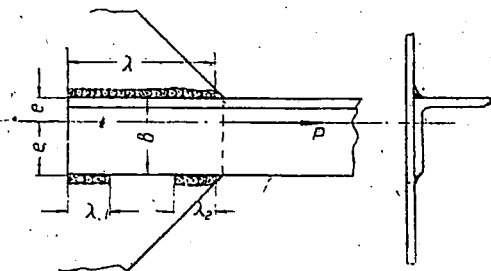
При расчете швов для приварки равнобоких уголков можно с достаточной точностью принять, что на выступающую полку уголка передается 70% полного усилия воспринимаемого уголком, а на прилегающую — 30%.



Фиг. 42.



Фиг. 43.



Фиг. 44.

На основании этого параграфа можно заключить, что в местах соединений следует проваривать только расчетные размеры швов, оставляя другие места непроваренными. Практически места соединений всегда обвариваются кругом, расчет же делается только на необходимую часть швов.

Из § 24. Косые швы представляют собой разновидность фланговых и лобовых швов и применяются в соединениях внахлестку и с накладками в комбинации с фланговыми и лбовыми швами или без них.

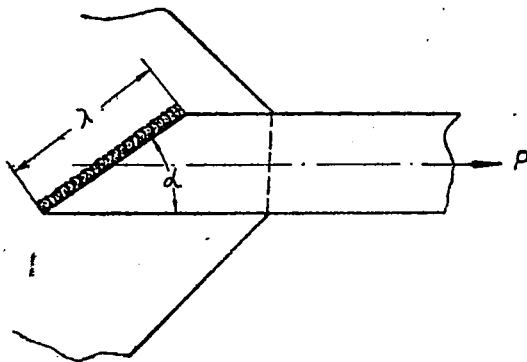
В зависимости от угла α (фиг. 45), образуемого швом с линией действующего усилия, косые швы, надлежит рассчитывать или на срезывание, как фланговые швы, или на растяжение, как лбовые, а именно:

- 1) если угол $\alpha < 60^\circ$, косой шов рассчитывается на срезывание;
- 2) если угол $\alpha > 60^\circ$, то косой шов рассчитывается на растяжение.

§ 26. При наличии комбинаций фланговых и лбовых швов, а также и одновременно сваренных элементов встык, суммарное допускаемое усилие, например, для соединения встык, усиленного двумя кусковыми вкладками, определяется

$$P = \delta \cdot b \cdot n + 4 \cdot \lambda_1 \cdot a \cdot t + 2 \lambda_2 \cdot a \cdot n.$$

Далее в проекте инструкции разбирается вопрос о прорезных соединениях и о так называемых пробках, но мы на этих вопросах не останавливаемся, так как тот и другой типы соединения чрезвычайно неудобны в исполнении, и поэтому к ним можно прибегать только в исключительных случаях.



Фиг. 45.

Следующим очень важным моментом в расчете является выбор допускаемых напряжений на основной металл и на сварной шов.

Принимая во внимание, что данная конструкция является опытной и

нам важно иметь сравнение с клепаным мостом, допускаемое напряжение на основной металл принимаем то же самое, что и при аналогичной клепаной конструкции, а именно 900 кг/см^2 .

Что же касается вопроса о допускаемом напряжении на шов, то подходящих данных для динамически работающей машины, мы в инструкции ИНОРС'а не имеем, поэтому берем ближайший по характеру нагрузки случай регулярной знакопеременной вибрационной нагрузки, для которого имеем пониженные против статического случая напряжения.

Таким образом, основное допускаемое на шов напряжение будет: на сжатие 670 кг/см^2 , на растяжение 600 кг/см^2 , на срез 480 кг/см^2 .

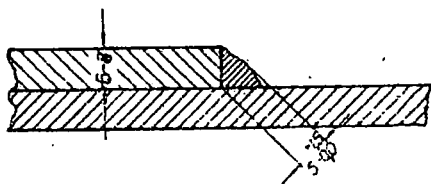
Размер шва взят в соответствии с толщиной примененного при конструировании сортового железа, согласно фиг. 46.

Расчетный размер шва принят (в большинстве случаев) 5 мм, что дает допускаемые напряжения на пог. сантиметр шва: на сжатие 335 кг/пог. см, на растяжение 300 кг/пог. см, на срез 240 кг/пог. см.

При конструировании обращено особое внимание:

1) на центральное расположение всех стержней по отношению к линиям схемы; 2) на развитие фланговых швов, причем в расчет вводились только симметрично расположенные участки швов, несмотря на то, что приварка раскосов и вообще всех стержней в узлах производился кругом. Наличие кратеров было учтено, и в расчет они не введены; что касается непровара в углу, который обычно имеет место почти во всяком шве (фиг. 43), то он не учитывался, исходя из тех соображений, что этот недочет будет покрыт выпуклостью шва, которая всегда имеет место.

Расчет на продольный изгиб производился по данным НКПС 1926 г., но без учета ослабления сечения заклепками.



Фиг. 46.

Вес крана. Ввиду того, что практики по проектированию сварных кранов нет и не имеется никаких практических данных о весе сварных мостов, приходится пользоваться данными о клепаных мостах с соответствующими поправочными коэффициентами.

Вес клепаного моста 5 т подъемной силы 14 м пролетом равен 5900 кг. Примем ориентировочно вес сварного моста на 25% легче, т. е. $0,75 \cdot 5900 = 4400$ кг.

Этот вес можно распределить, по аналогии с клепаным, следующим образом:

2 главных фермы	2340 кг
2 вспомогательных фермы	510 "
2 опорных балки	550 "
Связи у механизма передвижения	390 "
проводов	110 "
Будка	500 "
	4400 кг

Вес остальных деталей крана:

Нормальная 5-т тележка 2400 кг

Механизм передвижения крана:

Мотор, масляная ванна, тормоз и пр.	710 кг
Валы, подшипники и пр.	330 "
Ходовые колеса	340 "

Электрооборудование будки 400 "

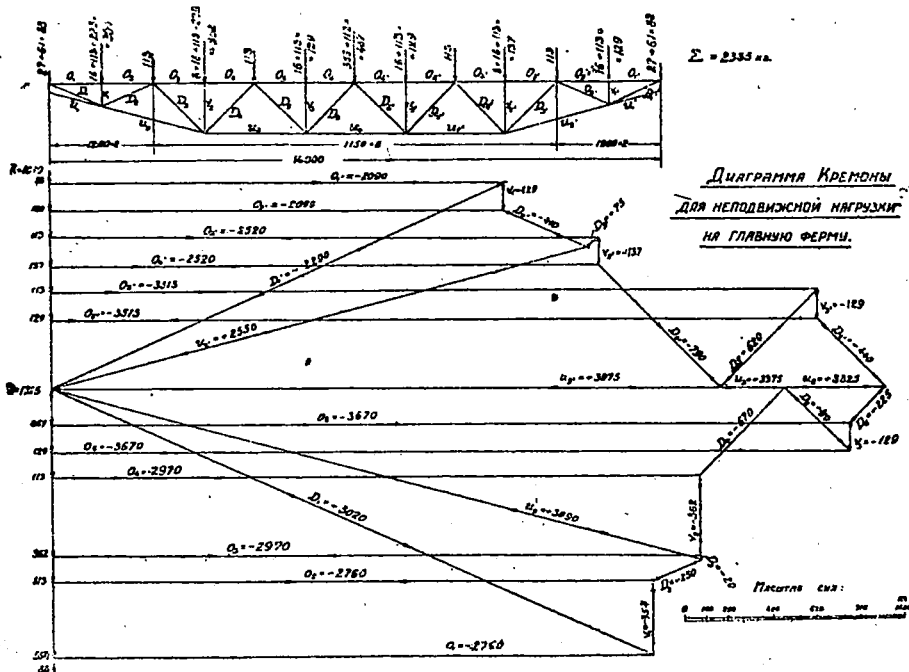
Усилия в главной ферме от собственного веса крана. Нагрузка на 13 узлов верхнего пояса фермы составит из следующих весов:

$\frac{1}{2}$ веса главной фермы	1170 кг
$\frac{1}{2}$ веса связей у механизма передвижения	195 "
$\frac{1}{2}$ веса будки (500 кг) с электрооборудованием (400 кг)	450 "
$\frac{1}{2}$ веса мотора, масляной ванны, тормоза и пр.	355 "
$\frac{1}{2}$ веса валов подшипников и пр.	165 "

2335 кг

Усилия в стержнях главной фермы от собственного веса даны на диаграмме Кремоны (фиг. 47) и общей таблице 1 вместе с усилиями от подвижной нагрузки.

Усилия в стержнях главной фермы от подвижной нагрузки, Для определения усилий в стержнях фермы



Фиг. 47.

вычерчиваем линию влияния для реакции левой опоры (фиг. 48) при передвижении тележки справа налево¹⁾. Далее, вычерчивая диаграмму Кремоны для усилий в стержнях фермы при реакции равной единице (предполагаем, что к ферме приложена только

¹⁾ Подробнее смотри С. П. Тимошенко. Курс „Статика сооружений“, изд. 1926 г., стр. 150.

Таблица 1.

Наименование стержня		Усилие от неподвиж- ной нагруз- ки в кг	Усилия от подвижной нагрузки в кг		Максимальное усилие в стервне в кг	
			Тележка справа	Тележка слева	Растяги- вающее	Сжимающее
Верхний пояс	$O_1 O_3$	— 2760	— 7260			— 10020
	$O_3 O_4$	— 2970	— 8100	— 6900		— 11070
	$O_5 O_8$	— 3670	— 10100	— 9660		— 13770
	$O_6 O'_5$	— 3515	— 9660	— 10100		— 13615
	$O_4' O'_3$	— 2520	— 6900	— 8100		— 10620
	$O_2' O_1$	— 2090		— 7260		— 9350
Нижний пояс	U_3	+ 3090	+ 8520	+ 6280	+ 11610	
	U_3	+ 3375	+ 9420	+ 8650	+ 12795	
	U_4	+ 3825	+ 10200	+ 10200	+ 14025	
	U_3	+ 3075	+ 8650	+ 9420	+ 12495	
	U_2	+ 2550	+ 6280	+ 8520	+ 11070	
Р а с к о с ы	D_1	+ 3020	+ 7930		+ 10950	
	D_3	— 250	— 1845			— 2095
	D_3	— 20	+ 980	— 2870	+ 960	— 2890
	D_4	— 570	— 3210	+ 1060	+ 490	— 3780
	D_5	+ 410	+ 2760	— 1495	+ 3170	— 1085
	D_6	— 225	— 2340	+ 1905	+ 1680	— 2565
	D_6'	— 440	+ 1905	— 2340	+ 1465	— 2780
	D_5'	+ 620	— 1495	+ 2760	+ 3380	— 875
	D_4'	— 790	+ 1060	— 3210	+ 270	— 4000
	D_3'	+ 75	— 2870	+ 980	+ 1055	— 2795
	D_2'	— 410		— 1845		— 2255
	D_1'	+ 2290		+ 7930	+ 10220	
Стойки	$V_1 V_2$	— 362	— 1850	— 1850		— 2212
	$V_3 V_3' V_2' V_1'$	— 137	— 1850	— 1850		— 1987

фермы крана, с другой стороны, он подвержен действию местного изгиба. Строгий теоретический расчет верхнего пояса, вполне соответствующий действию всех нагрузок, представляет большие трудности, и едва ли возможен, принимая во внимание совместное действие изгиба и сжатия, случай, когда принцип сложения действия сил не применим. Для упрощения расчета каждый участок верхнего пояса рассматриваем, как балку с частично зашечленными концами.

O_{16} — максимальная сжимающая пояс сила 13770 кг.

P — давление колеса 1850 кг.

Местный изгибающий момент, принимая во внимание зашечление концов $M = \frac{P \cdot l}{6} = \frac{1850 \cdot 115}{6} = 35400$ кг. см,

где $l = 115$ см — длине панели.

Сечение верхнего пояса (фиг. 49).

Площадь сечения $F = 39,04 \text{ см}^2$.

Момент инерции сечения

$$J_x = 650 \text{ см}^4, J_y = 710 \text{ см}^4.$$

Моменты сопротивления сечения относительно верхнего и нижнего волокон.

$$W_{xv} = 650 : 4,26 = 153 \text{ см}^3 \quad W_{xn} = 650 : 6,54 = 99,3 \text{ см}^3.$$

Минимальный радиус инерции сечения

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{650}{39,04}} = 4,06 \text{ см}.$$

Коэффициент уменьшения напряжения на продольный изгиб, согласно таблиц НКПС 1926 г., но без учета заклепок при отношении

$$\frac{e}{i_{\min}} = \frac{115}{4,06} = 28,4$$

будет $\varphi = 0,92$.

Допускаемое напряжение $0,92 \cdot 900 = 827 \text{ кг/см}^2$.

Истинное напряжение в сечении от сжатия стержня фермы $13770 : 39,04 = 353 \text{ кг/см}^2$.

От местного изгиба в верхнем волокне $35400 : 153 = 231 \text{ кг/см}^2$.

Общее напряжение $353 + 231 = 584 \text{ кг/см}^2$.

Подсчитаем напряжение в узле, считая изгибающий момент в узле от местного изгиба равным половине момента в середине панели. Этот момент является как бы защемляющим, изгибающим верхний пояс в обратном направлении, т. е. сжимающим нижний пояс и растягивающим верхний.

Напряжение в нижнем волокне будет—

$$13770 : 39,04 = 353 \text{ кг/см}^2$$

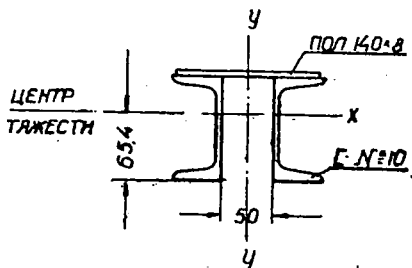
$$17700 : 99,3 = 178 \text{ "}$$

$$\underline{531 \text{ кг/см}^2}$$

Итак, напряжения во всем верхнем поясе не достигают допускаемых 827 кг/см^2 , и пояс не догружен. Применение швеллеров № 8 сделало бы пояс слишком слабым, поэтому оставим швеллер № 10, мирясь с недогрузкой.

Подбор сечения раскосов. Максимальная сжимающая раскос D' , сила равна 4000 кг . Растягивающая сила по раскосу $D_1 = +10950 \text{ кг}$.

Выбираем трубчатое квадратное сечение раскоса из 2 угольников $45 \times 45 \times 6$ (фиг. 50).



Фиг. 49.

Площадь сечения — $10,18 \text{ см}^2$.

Моменты инерции сечения

$$I_x = I_y = 32,3 \text{ см}^4; I'_x = 29,1 \text{ см}^4; I'_y = 35,9 \text{ см}^4.$$

Минимальный радиус инерций сечения

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{29,1}{10,18}} = 1,69 \text{ см.}$$

Теоретическая длина раскоса 162 см . Тогда

$$\frac{l}{i_{\min}} = \frac{162}{1,69} = 96.$$

Коэффициент уменьшения напряжения по таблице НКПС $\varphi = 0,624$.

Допускаемое напряжение в сечении $0,624 \cdot 900 = 562 \text{ кг/см}^2$.

Истинное напряжение от сжатия $4000 : 10,18 = 393 \text{ кг/см}^2 < 562$.

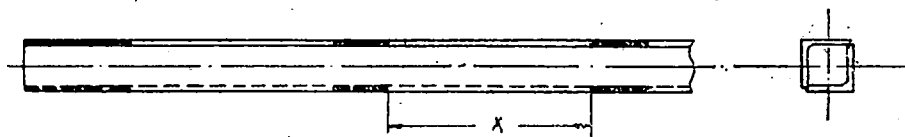
На растяжение раскос может выдержать $10,18 \cdot 900 = 9160 \text{ кг}$.

Таким образом, все раскосы, кроме крайних D_1 и D_2 , могут быть сделаны из двух угольников $45 \times 45 \times 6$. Что же касается крайних раскосов, то теоретически в них будут перенапряжения, а практически, принимая во внимание, что раскосы будут работать совместно с нижним поясом (участки u_1 и u'_1), они будут не догружены.

Каждый раскос, как было указано выше, сварен из 2 угольников, которые должны работать, как целая деталь, следовательно, они должны быть сварены по длине. Определим максимальное до-

пустимое расстояние между участками шва с таким расчетом, чтобы на этом свободном участке не было выпучивания угольников по отдельности.

Для удовлетворения этому условию надо, чтобы сжимающая сила, приходящаяся на один угольник и равная, очевидно, 2000 кг



Фиг. 51.

(см. таб. 1) не превосходила критической нагрузки на угольник при длине x (фиг. 51).

Напряжение в сечении от сжатия будет $2000 : 5,09 = 393 \text{ кг/см}^2$.

Коэффициент уменьшения напряжения φ , следовательно, может быть равен $\varphi = \frac{393}{900} = 0,437$, что будет соответствовать отношению $\frac{l}{i_{\min}} = 117$.

Но минимальный радиус инерции одного уголка равен

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{3,84}{5,09}} = 0,87 \text{ см.}$$

Отсюда максимальная длина промежутка между швами равна $l = i_{\min} \cdot 117 = 117 \cdot 0,87 = 102 \text{ см.}$

Этот размер значительно превосходит нормы ИНОРС'а для расстояний между участками шва (см. выше), поэтому шпоночный шов делаем наиболее редкий из допустимых по нормам, а именно: длина шва 50 мм + длина промежутка 250 мм.

Подбор сечения нижнего пояса.

Максимальное растягивающее пояс усилие на участке U_4 будет 14025 кн.

Площадь сечения нижнего пояса 20,42 см² (фиг. 52).

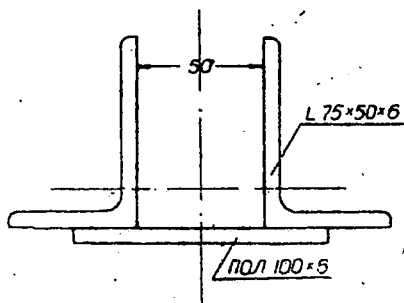
Напряжение в сечении $14025 : 20,42 = 687 \text{ кг/см}^2$.

На участках U_1 и U'_1 максимальное растягивающее усилие будет 11610 кн. Сечение на этих участках делаем только из 2 угольников $75 \times 50 \times 6$.

Напряжение в сечении будет $\frac{11600}{2 \cdot 7,21} = 804 \text{ кг/см}^2$.

Приварка раскосов. Как пример расчета сварных швов, приведем расчет приварки раскосов D_2 и D_3 к верхнему поясу (фиг. 53). Раскос D_2 сжат силой 2255 кн, D_3 растянут силой 1055 кн и сжат силой 2295 кн. Приварка производится кругом, т. е. по всей линии прикосновения раскоса к швеллерам, в расчет же вводим только небольшие симметрично расположенные участки фланговых и лобовых швов, не учитывая мест, где должны расположиться при сварке кратера

Обращаю внимание на то, что линии центров тяжести раскосов в точности проходят по линиям схемы моста, причем длина участков швов оказывается достаточна для передачи полного усилия. Это один из самых трудных моментов в конструировании моста, но вполне



Фиг. 52.

являющийся распространением расчета прогиба свободно лежащей балки на решетчатые фермы, т. е. прогиб моста равен

$$\delta = \frac{P \cdot l^3}{EI \cdot 48}$$

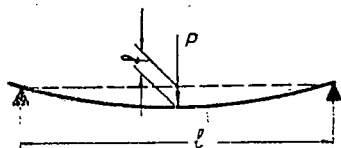
(фиг. 54), где I — момент инерции поперечного сечения моста, т. е. верхнего и нижнего поясов по отношению их к центру тяжести (фиг. 55).

Совершенно очевидно, что распространение того приема расчета от балок со сплошной стенкой на раскосные мосты является сильной натяжкой, тем более, что практически этот расчет дает результаты, далекие от истины. При этом способе мы получаем очень большие расчетные прогибы, не достижимые при испытательных нагрузках, вводящие конструктора в заблуждение и заставляющие увеличивать высоту моста для получения больших значений моментов инерции. Это конструкторское течение нельзя признать правильным, так как оно приводит к тяжелым уродливым мостам, не имея под собой никаких оснований, кроме неверного эмпирического расчета прогиба.

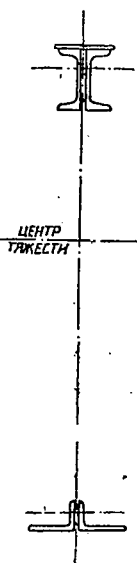
Совершенно очевидно, что этот метод расчета должен быть оставлен, и в практику краностроения должны быть введены приемы расчета прогиба, на основании деформаций стержней и изменений углов фермы.

Самым удобным методом расчета прогиба является графоаналитический метод Вилио¹⁾, рассматривающий деформацию треугольника, основной фигуры всякой статически определенной фермы без лишних стержней, какой является ферма крана.

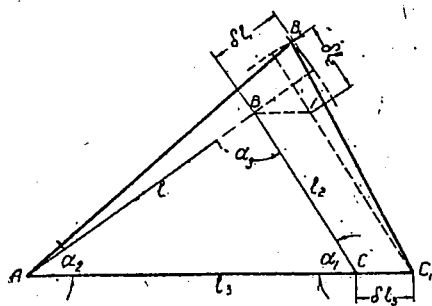
Не останавливаясь подробно на этом методе (так как всякий желающий ознакомиться с ним найдет выводы всех формул в любом курсе статики сооружений), напомним основные моменты: Пусть имеем треугольник до и после деформаций (фиг. 56). Предположим, что сторона l_3 не меняет своего положения, изме-



Фиг. 54.



Фиг. 55.



Фиг. 56.

¹⁾ См. С. П. Тимошенко, „Статика сооружений“, 1926 г., стр. 231.

няя только свою длину на δl_3 под влиянием сжимающего или растягивающего усилий. Остальные две стороны l_1 и l_2 меняют и положение и длину. Не трудно сообразить, что после деформаций треугольник ABC превратится в треугольник AB_1C_1 , и каждый из углов α_1 , α_2 и α_3 претерпит некоторое изменение.

Пропуская выводы формул, напишем выражение для изменения этих углов, при модуле упругости материала E и напряжениях в стержнях P_1 , P_2 и P_3 кг/см^2 (фиг. 57), согласно Тимошенко.

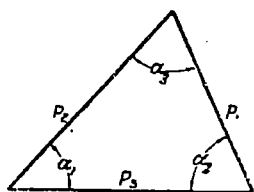
$$E\delta\alpha_3 = (P_3 - P_2) \operatorname{ctg} \alpha_1 + (P_3 - P_1) \operatorname{ctg} \alpha_2,$$

$$E\delta\alpha_2 = (P_2 - P_1) \operatorname{ctg} \alpha_3 + (P_2 - P_3) \operatorname{ctg} \alpha_1,$$

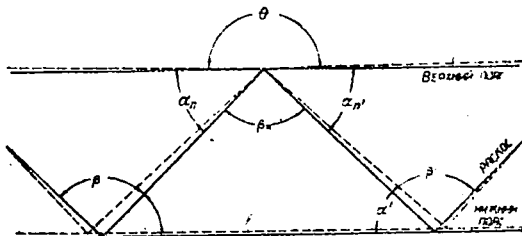
$$E\delta\alpha_1 = (P_1 - P_3) \operatorname{ctg} \alpha_2 + (P_1 - P_2) \operatorname{ctg} \alpha_3.$$

Если мы перейдем теперь к ферме раскосного крана, то получим следующее явление (фиг. 58):

Нижний растянутый пояс удлинится, следовательно, углы α и α' уменьшатся, угол β увеличится. Верхний сжатый пояс укоротится, и углы α и α' увеличатся. Но так как сумма углов



Фиг. 57.



Фиг. 58.

$\theta + \alpha + \beta + \alpha' = 360^\circ = \text{const}$, следовательно, угол θ уменьшится, причем его уменьшение $\delta\theta$ будет равно сумме увеличений внутренних углов фермы, т. е. $\delta\theta = -(\delta\alpha + \delta\beta + \delta\alpha')$, и ферма примет вид, изображенный на фиг. 59.

Во избежание того, чтобы ферма прогибалась и груженую тележку при работе приходилось бы вкатывать на наклонную плоскость, ферме при изготовлении дается строительный выгиб около $1/1000$ пролета (фиг. 60), и таким образом, при полной нагрузке, получается почти горизонтальный путь.

Для определения величины действительного прогиба, который необходим для проверки правильности выбора сечений и для гарантии от недоразумений при инспекторской приемке, прибегаем к графическому построению. Опять-таки, не останавливаясь на теоретическом обосновании метода, нагружаем балку фиктивными нагрузками P_1 , P_2 , P_3 , равными произведению из изменения угла верхнего пояса $\delta\theta$ на модуль упругости E , т. е. $P_n = E\delta\theta_n$.

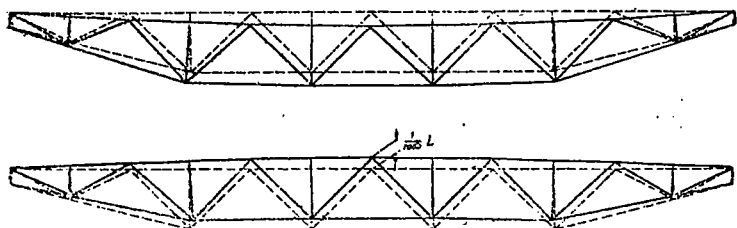
Эта формула верна при прямом верхнем поясе, как это имеет место в нашем случае (фиг. 61). Если же верхний пояс имеет

вид ломаной линии (фиг. 62), то фиктивные нагрузки должны вычисляться по общей формуле

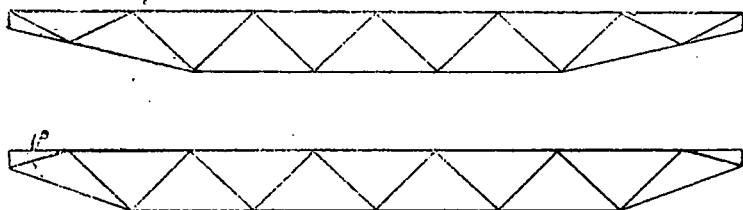
$$P_m = E \delta \theta_m - P_m \operatorname{tg} \beta_m + P_{m+1} \operatorname{tg} \beta_{m+1}.$$

Строя веревочную кривую от этих нагрузок, получаем в масштабе линию прогибов моста. Масштаб полученной кривой можно определить, вводя поправки на искажения при графическом построении, а именно:

1) Масштаб фермы взят $1/n$ натуральной величины. Если бы мы чертили в натуральную величину, то прогибы при постро-



Фиг. 59 и 60



Фиг. 61 и 62.

ении получились бы больше в n раз, т. е. полученные значения надо помножить на n .

2) Если для величин фиктивных нагрузок, имеющих размерность кг/см^2 , взят некоторый масштаб, то полюсное расстояние должно быть равно модулю $E \text{ кг/см}^2$, и при этом получился бы очень нечеткий чертеж, благодаря большому значению E по сравнению с нагрузками. Чтобы получить четкий чертеж, значение E уменьшают предположим в m раз, тогда значения прогибов на чертеже увеличатся также в m раз.

Таким образом, для получения действительного прогиба надо значения, полученные из чертежа, умножить на n и делить на m или же делить на коэффициент, равный

$$K = \frac{E}{n H},$$

где H — полюсное расстояние, измеренное в масштабе, принятом для $k_1/см^2$.

Переходим собственно к расчету прогиба моста крана, для чего прежде всего определяем напряжение в стержнях при среднем положении тележки, причем вычисляем напряжение только от полезного груза, так как при инспекторской приемке измеряется как раз прогиб от одного полезного груза, и он, очевидно, должен быть меньше $1/800$ для кранов пролетом до 20 м.

Для определения усилия в стержнях воспользуемся диаграммой Кремоны (фиг. 48) для реакции опоры равной единице и линией влияния для реакции опоры при передвижении тележки по мосту. При среднем положении тележки реакция опоры от одного полезного груза будет равна около

$$1830 = \frac{1250}{1850} = 1235 \text{ кг},$$

где 1830 кг — общее давление на колесо тележки, 1250 кг — часть давления на колесо, как результат действия веса полезной нагрузки, 1830 — реакция опоры, взятая из графика линии влияния.

Перемножая полученные значения реакции на значения реакции усилий по диаграмме Кремоны от реакции, равной единице, получаем значения усилий в стержнях на табл. 2.

Таблица 2.

Наименование стержня		Усилие в стержне от полезной нагрузки в кг	Площадь сечения стержня в см ²	Напряжение в стержне в кг/см ²
Верхний пояс	$O_1 O_2$	— 2790	39,04	— 71
	$O_3 O_4$	— 3880	39,04	— 99
	$O_5 O_6$	— 6370	39,04	— 163
	$O_5' O_6'$	— 6370	39,04	— 163
	$O_4' O_3'$	— 3880	39,04	— 99
	$O_2' O_1'$	— 2790	39,04	— 71
Нижний пояс	U_2	+ 3660	14,42	+ 254
	U_3	+ 5120	20,42	+ 250
	U_4	+ 7580	20,42	+ 371
	U_3'	+ 5120	20,42	+ 250
	U_2'	+ 3660	14,42	+ 254
Раскосы	D_1	+ 3065	10,18	+ 301
	D_2	— 790	10,18	— 78
	D_3	+ 470	10,18	+ 46
	D_4	— 1740	10,18	— 171
	D_5	+ 1740	10,18	+ 171
	D_6	— 1740	10,18	— 171
	D_6'	— 1740	10,18	— 171
	D_5'	+ 1740	10,18	+ 171
	D_4'	— 1740	10,18	— 171
	D_3'	+ 470	10,18	+ 46
	D_2'	— 790	10,18	— 78
	D_1'	+ 3065	10,18	+ 301

Приращения углов, умноженные на модуль упругости, даны на стр. 33.

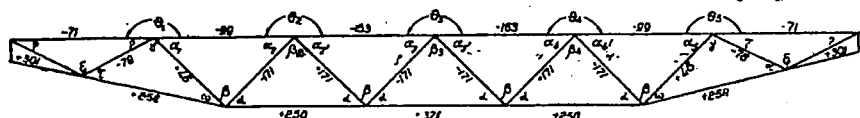
Из этих формул мы видим, что для определения деформаций углов нам надо еще знать котангенсы углов схемы фермы. При обозначениях фиг. 63 будем иметь

$$\begin{array}{ll} \operatorname{ctg} \eta = \operatorname{ctg} 22^{\circ} 47' = +2,38 & \operatorname{ctg} \omega = \operatorname{ctg} 29^{\circ} 40' = +1,76 \\ \operatorname{ctg} \zeta = \operatorname{ctg} 134^{\circ} 26' = -0,98 & \operatorname{ctg} \beta = \operatorname{ctg} 90^{\circ} 00' = -0,00 \\ \operatorname{ctg} t = \operatorname{ctg} 38^{\circ} 07' = +1,27 & \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{ctg} 45^{\circ} 00' = +1,00 \\ \operatorname{ctg} \gamma = \operatorname{ctg} 112^{\circ} 13' = -0,41 & \end{array}$$

Теперь мы можем определить изменение углов схемы на основании вышеприведенных формул.

Ниже: $E\delta\eta$, $E\delta\gamma$, $E\delta\alpha$, $E\delta\beta$ и пр.—изменения внутренних углов схемы моста.

$E\delta\theta_1, E\delta\theta_2, E\delta\theta_3$ и т. д. — изменения внешних углов схемы моста, прилегающих к верхнему поясу, т. е. искривление верхнего пояса при прогибе.



Фиг. 63.

Очевидно, что если внутренние углы увеличиваются, то внешние уменьшаются на ту же величину, т. е. если изменения внутренних углов будут положительны, то изменения внешних углов будут отрицательны (см. выше).

$$E\delta r = (301 \pm 71) \cdot 2.38 - (301 \pm 78) \cdot 0.98 = \pm 514$$

$$E\delta\gamma = \frac{(254+78)}{2,39} 1,27 + \frac{(254-46)}{2,39} 1,76 = +787$$

$$E\delta x_1 = \begin{pmatrix} -171 & -46 \\ 0,00 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -171 & -99 \\ 1,00 & 0,00 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -72 & -171 \\ 0,00 & -99 \end{pmatrix}$$

$$E\delta\theta_1 = -1229$$

$$E\delta\alpha_2 = (46 + 99) 1,00 + (46 + 171) 0,00 = + 145$$

$$E\delta\beta_2 = \frac{(10-10)}{(250-171)} 1,00 + \frac{(10-10)}{(250-171)} 1,00 = -500$$

$$E\delta\alpha_2' = (-171 - 171) 0,00 + (-171 + 163) 1,00 = -8$$

$$E\delta\Theta_2 = - \quad 637$$

$$E\delta\alpha_2 = (171 + 163) 1,00 + (171 + 171) 0,00 = + 334$$

$$E\delta\beta_3 = (371 + 171) 1,00 + (371 + 171) 1,00 = 1084$$

$$E\delta\alpha_2' = (171 + 171) 0,00 + (171 + 163) 1,00 = + 334$$

$$E^{\circ} \theta_3 = -1752$$

$$E\delta\alpha_4 = (171 + 163) 1,00 + (171 - 171) 0,00 = - 8$$

$$E\delta\beta_4 = (250 - 171) 1,00 + (250 + 171) 1,00 = + 500$$

$$E\delta\alpha_4' = (46 + 171) 0,00 + (46 + 99) 1,00 = + 145$$

$$E\delta\theta_4 = - 637$$

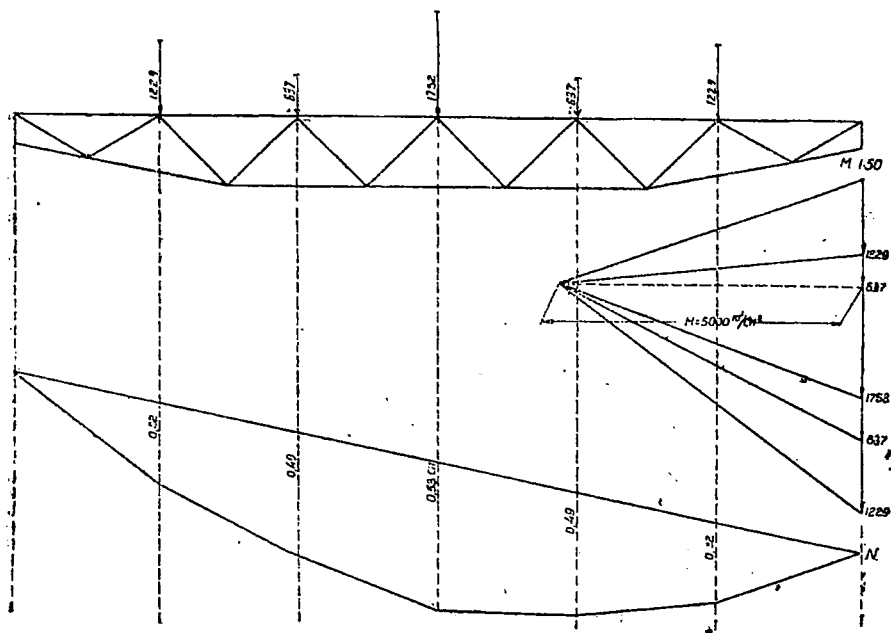
$$E\delta x_5 = \frac{(-171 + 99)}{(27 + 12)} 1,00 + \frac{(-171 - 46)}{(27 + 72)} 0,00 = -0,72$$

$$E\beta_5 = \frac{(254 - 46)}{228} 1,76 + \frac{(254 + 78)}{342} 1,27 = + 782$$

$$E\delta a_4' = (301 + 78) 0,98 + (301 + \underline{71}) 2,38 = \underline{514}$$

$$E\delta\Theta_5 = -1229$$

Рассматривая изменения углов верхнего пояса, как фиктивные нагрузки, и вычерчивая для них веревочную кривую, получаем кривую прогиба фермы (фиг. 64). Масштаб этой веревочной кривой при принятом масштабе фермы 1:50, масштабе напря-



Фиг. 64.

жений $1 \text{ см} = 500 \text{ кг/см}^2$ и полюсном расстоянии $H = 5000 \text{ кг/см}^2 = 10 \text{ см}$, будет

$$\frac{2,1 \cdot 10}{50 \cdot 5000} = \frac{8,4}{1}.$$

Прогиб по веревочной кривой — 49 мм; следовательно, действительный прогиб под нагрузкой 5 т будет $49 : 8,4 = 5,8 \text{ мм}$, что составит по отношению к пролету крана

$$\frac{1}{\frac{1400}{5,8}} = \frac{1}{2400},$$

т. е. в 3 раза меньше допустимого прогиба, равного $\frac{1}{800}$ от пролета; к концам фермы он очевидно будет меньше, как это показано на фиг. 64.

ГЛАВА III.

Качество сварки.

Совершенно понятно, что если в процессе развития сварки есть неудачи, то они объясняются исключительно неумением контролировать швы. Контроль швов и выбор сварщика являются самыми основными вопросами в постановке опыта, на кои необходимо обращать сугубое внимание.

В настоящее время на заводах редко обращают серьезное внимание на качество шва, прячась за искусство и авторитет сварщика. Испытания сварного металла производятся редко, а если и производятся, так только на временное сопротивление, но ни в коем случае не на удлинение. Вообще, к вопросу об удлинении сварного металла установилось совершенно непонятное отношение. От всякого литого металла требуется прежде всего удлинение, если, например, мартеновский металл не удовлетворяет поставленным требованиям на удлинение, то его относят к железу торгового качества, с соответствующим понижением цены. Сварной же металл на удлинение почти никогда не испытывают, вполне довольствуясь испытаниями на разрыв, с определением только временного сопротивления. Не будем вдаваться в теории, развиваемые различными лицами в оправдание критического отношения к удлинению; совершенно очевидно, что все они искусственны и не заслуживают никакого внимания. Те требования, которые предъявляются к любому металлу, будь то сталь, бронза, латунь и пр., необходимо предъявлять и к сварному металлу. Они могут отличаться лишь цифровыми значениями, теоретические же основания испытания металла должны быть те же, исходя из этого, удлинение сварного металла должно встать во главу угла.

Каковы же абсолютные значения удлинения и временного сопротивления, которым должен удовлетворить сварной металл?

По проекту стандарта ИНОРС^{а)} удлинение при растяжении должно быть 10%, временное сопротивление — 3000 кг/см^2 , но допускается при соответствующем понижении расчетных нагрузок — 2500 кг/см^2 .

Эти требования были предъявлены сварщику Г. Н. Сибирякову перед тем, как его допустить к сварке моста. Сварка моста производилась машинами СМ-I (зав. „Электрик“, Ленинград) и АЭГ; наварка образцов — машиной СМ-I; электроды, слабо обмазанные, Белорецкого завода. На фиг. 65 дан прием изготовления образцов для испытания на удлинение последовательной наплавкой внутренней угольника 25 × 25 или 30 × 30^{в)}. Из

^{а)} См. „Сварные металлические конструкции“, 1931 г., стр. 40 и 94.

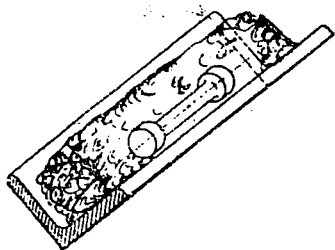
^{в)} См. ниже „Проект инструкции по производству и приемке крановых мостов“.

наплавленного металла вытачивались образцы для пресса Гагарина, по испытании давшие результаты, показанные на фиг. 66.

Таким образом, для горизонтального шва мы имеем среднее временное сопротивление $36,9 \text{ кг/мм}^2$, удлинение $9,2\%$; для вертикального шва — временное сопротивление $37,2 \text{ кг/мм}^2$, удлинение $13,0\%$.

Отсюда видим, что результаты, полученные для вертикального шва, выше чем для горизонтального, что подтверждается многими исследователями. Вообще же результаты испытаний можно считать удовлетворяющими требованиям ИНОРС'а как в части удлинения, так и — временного сопротивления, для которого данные ИНОРС'а очень низки.

Результаты этих испытаний характеризуют умение сварщика держать короткую дугу — основной момент, необходимый для получения качественной сварки, а не являются показателем качества электродов, как это принято говорить. Чтобы убедиться, что это действительно так, надо только дать нескольким сварщикам сварить образцы при одинаковых исходных условиях; результаты сейчас же покажут, что удлинение есть, прежде всего, функция умения сварщика, а потом чего-либо другого.



Фиг. 65.

Вторым, чрезвычайно важным моментом является контроль шва на месте; при этом контроле приходится учитывать следующее: 1) размер шва, 2) провар и 3) окисленность шва.

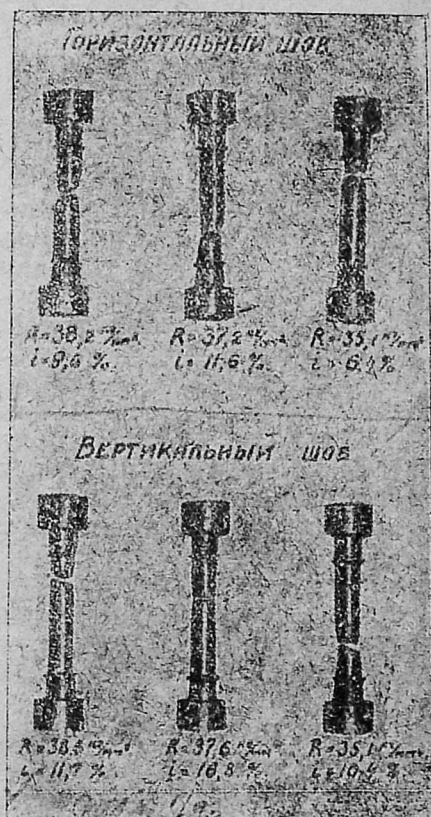
Психологически каждый сварщик старается наварить шов как можно толще, считая, что это способствует прочности. Но всякому ясно, что тонкий хорошо проваренный шов будет всегда прочнее толстого плохо проваренного, почему все внимание должно быть обращено не на размер, а на провар шва.

Для выбора размера шва был сделан ряд опытов. На основании их были откинута все швы, для получения которых необходимо проходить дугой вдоль шва два и больше раз. Толщина сортового железа $6-8 \text{ мм}$ вполне допускала применение только однорядного шва, благодаря чему не встречалось необходимости обивать шлак с поверхности первого ряда, следовательно, получалась лишняя гарантия избежать непроваров и облегчить работы сварщику.

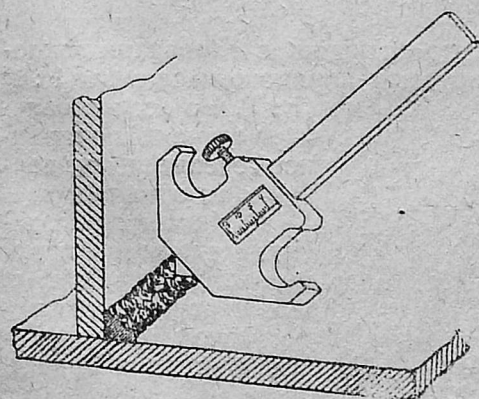
Третьим моментом было выяснение действительного размера шва и допуска на его изготовление. Для этой цели прежде всего был исполнен инструмент для измерения швов (фиг. 67), и, при помощи его, обмерен целый ряд швов различных размеров, проваренных четырехмиллиметровыми электродами с различной скоростью и различным рисунком шва. Наиболее удобным для сварщика и соответствующим толщинам сортового

железа оказался шов $a = 5$ мм (фиг. 42), считая его минимальный размер.

Во всех немецких руководствах по сварке и даже входящих в стандарты описываются формы швов: вогнутая, плоская и выпуклая (обозначенные на чертежах), причем некоторые из этих форм швов являются легендарными и недоброкачественными. Действительная форма шва показана на фиг. 68. Шов всегда получается немного выпуклым с небольшими вьединами K и K_1 , являющимися лучшим доказательством хорошего провара основного металла. Горизонтальный шов имеет очень маленькую вьедину K_1 и несколько увеличенную K благодаря стремлению металла течь вниз, вертикальный же шов имеет обычно несколько большую выпуклость шва. Если же шов имеет очень выпуклую форму (фиг. 69), (усиленную по *DIN*), то это может служить верным признаком отсутствия провара, в особенности если нет вьедин в основной металл; вогнутая же форма, показанная фиг. 70, не целесообразна.



Фиг. 66.

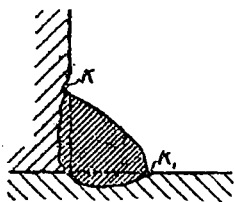


Фиг. 67.

Размер выпуклости нормально колеблется в пределах от 0 до 1—1,5 мм, причем размер шва удается выдержать при известном навыке с точностью до 1 мм. Таким образом, давая шву $a = 5$ мм допуск 1,5 мм, мы вполне удовлетворяем требованиям инструкции и не стесняем излишне сварщика. На практике ограничение и контроль размера шва производятся шаблоном, исполненным по фиг. 71. Шов должен быть исполнен так, чтобы сторона шаблона 5 не садилась в угол (фиг. 72),

а сторона шаблона 6,5 своими щеками плотно входила в угол в любом месте шва (фиг. 73).

Здесь уместно сказать несколько слов относительно обозначений на чертежах. Существует два проекта обозначений сварных швов на чертежах: 1) проект *DIN*'а (фиг. 74) и 2) проект проф. В. П. Вологодина (фиг. 75).



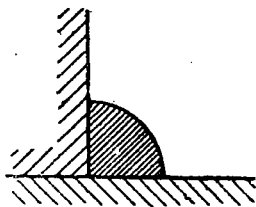
Фиг. 68.

Тот и другой обладают одним очень большим недостатком: большой искусственностью и ненаглядностью. Обозначения, принятые в этих проектах, очень далеки от внешнего вида шва (см. фиг. 74 и 75); поэтому для них требуются или пояснительные таблицы, или специальное их изучение. Кроме того, в этих обозначениях много лишнего, как-то: вид шва и подготовка шва.

На Московском заводе подъемных сооружений были разработаны свои обозначения, в основу коих легли следующие положения и пожелания:

1) Максимальная простота и близость к действительному внешнему виду шва.

2) Обозначения шва в окончательном его виде: вся подготовка шва возлагается на технологический отдел по аналогии с холодной обработкой металлов, которая в чертежах дается в окончательном виде, и конструктор не вникает в вопрос — на каком станке и до какого размера будет производиться обдирка и на каком станке — чистая обработка.

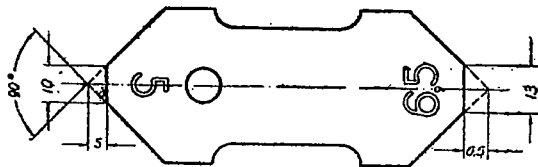


Фиг. 69.



Фиг. 70.

3) Поперечный разрез шва, по аналогии с головками заклепок, указывается только на чертежах крупного масштаба (1 : 1)



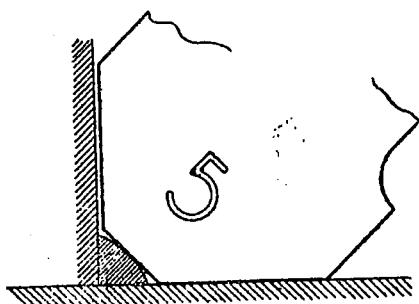
Фиг. 71.

(1 : 2). Во всех остальных случаях поперечное сечение шва на чертеже не отмечается.

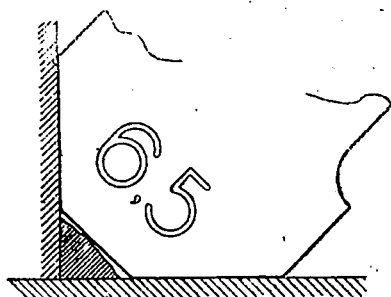
4) Никаких обозначений для вогнутого и выпуклого швов, т. е. шов чертится в том виде, какой он имеет, в

действительности без деления на ослабленные и усиленные швы, практически не применяющиеся.

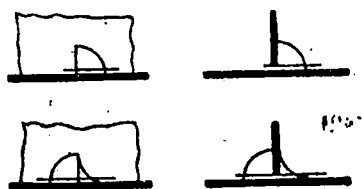
Главные обозначения показаны на фиг. 76, из которой видно, что в основе обозначения шва лежит его отношение к глазу



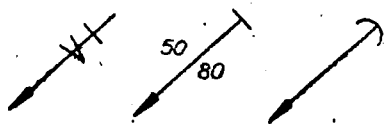
Фиг. 72.



Фиг. 73.



Фиг. 74.



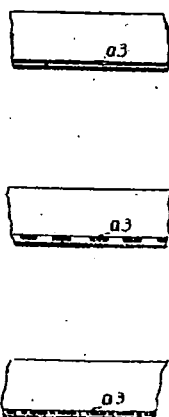
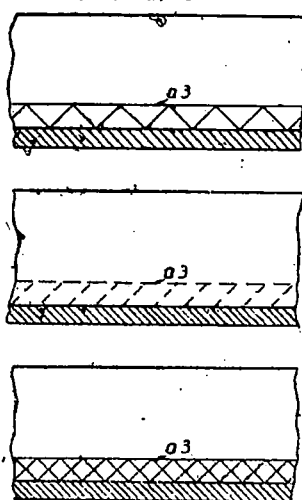
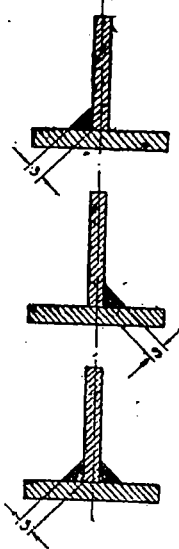
Фиг. 75.

ПОЛОЖЕНИЕ
ГЛАЗА.

ПОЛОЖЕНИЕ
ШПА

ДЛЯ МАСШТАБА
1:1, 1:2, 1:25, 1:5

ДЛЯ МАСШТАБА:
1:5, 1:10, 1:20



Фиг. 76.

наблюдателя. Оно вполне удобно как для сварных железных конструкций, так и для сварных деталей машин, заменяющих литье; особенно удобно при обозначении „шпоночных швов“ (фиг. 77). Кроме того, практически это обозначение настолько понятно, что сварщик читает чертеж с первого раза без пояснений.

Итак, контроль шва при сварке моста производится в 3 направлениях: 1) контроль сварного металла при помощи лабораторных испытаний, 2) проверка размера шва шаблонами и 3) внешний осмотр.

При внешнем осмотре заостряются следующие моменты: а) внешняя форма шва



Фиг. 77.

должна быть ровной или слабо выпуклой; б) края шва в месте соединения с основным металлом должны быть с неглубокими въедами; в) вдоль всего шва, и в) по сторонам шва до очистки его стальными щетками не должно быть совершенно брызг и сильного бурого налета. Слабый бурый налет допускается как на шве, так и вблизи его.

Чтобы закончить главу о контроле, необходимо отметить, что при изготовлении опытного раскосного моста крана, весь контроль был упрощен, благодаря добросовестности мастера цеха, сварщика Г. Н. Сибирякова, неоднократно проходившего лабораторные испытания, который фактически сам являлся контролером своих швов.

ГЛАВА IV.

Стоимость сварного моста крана.

Проект сварного моста 5 т подъемной силы, 14 м пролетом был сделан параллельно с имевшимся таким же клепаным мостом (фиг. 26, 27 и 28), поэтому есть полная возможность сравнения этих двух мостов с точки зрения веса и стоимости.

В табл. 3 приведены весовые данные для сварного и клепаного мостов, разбитые на элементы моста. Эти данные, в части

сварного моста, отличаются от приведенных выше (стр. 18) предварительных данных веса крана, принятых для расчета сварного моста. Объясняется это, главным образом, тем, что предполагалось достигнуть облегчения моста на 25%, фактически же облегчение оказалось равным $5439 - 3698 = 1741$ кг или $\frac{1741}{5439} \cdot 100 = 32\%$.

Таблица 3.

Вес мостов кранов	Клепанный в кг	Сварной в кг
2 главных фермы	2884	1884
2 вспомогательных фермы	917	626
2 опорных балки	860	592
Связи у механизма передвижения	544	462
Связи у проводов	234	134
Итого	5439	3698

На табл. 4 дана стоимость рабочей силы при изготовлении сварного и клепаного мостов, причем время сварки (около 200 часов) взято действительно затраченное на опытный мост. На табл. 5 дана стоимость материалов и электроэнергии. Таблицы настолько ясны, что в пояснениях не нуждаются. Окончательные данные собраны в табл. 4.

Таблица 4.

Расход рабочей силы.

		Клепанный мост	Сварной мост	Добавочные расходы по сварке	Экономия при сварке
Заготовка материала	Норма времени Расценка	55,8 час. 73,3 руб.	47,5 час. 62,1 руб.	— —	8,3 час. 11,2 руб.
Разметка	Норма времени Расценка	181,2 час. 197,5 руб.	93 час. 96,5 руб.	— —	89,2 час. 101 руб.
Сверловка	Норма времени Расценка	47,5 час. 34,4 руб.	— —	— —	47,5 час. 34,4 руб.
Сборка	Норма времени Расценка	316,8 час. 307,8 руб.	158 час. 154 руб.	— —	158,8 час. 153,8 руб.
Клепка	Норма времени Расценка	56,5 час. 137 руб.	— —	— —	58,5 час. 137 руб.
Сварка	Норма времени Расценка	— —	200 час. 288 руб.	200 час. 288 руб.	— —
Общее количество рабсилы	Норма времени Расценка	657,8 час. 750 руб.	497,5 час. 600,6 руб.	— —	160,3 час. 149,4 руб.

Таблица 5.

Расход и стоимость материалов и электрической энергии.

		Клепанный мост	Сварной мост	Добавочные расходы по сварке	Экономия по сварке
Заклепки	Вес Стоимость	195 кг 137 руб.	— —	— —	195 кг 137 руб.
Электроды	Вес Стоимость	— —	75 кг 90,5 руб.	75 кг 90,5 руб.	— —
Электроэнергия	Квт-часы Стоимость	150 квт-ч. 6,4 руб.	600 квт-ч. 32 руб.	450 квт-ч. 25,6 руб.	— —
Сортовое желе- зо	Вес Стоимость	5550 кг 1055 руб.	3650 кг 685 руб.	— —	1900 кг 370 руб.
И т о г о		1198,4 руб.	807,5 руб.	—	—
Общая экономия в стоимости материал., электроэнергии и пр.		—	—	—	390,9 руб

Таблица 6.

Экономия при введении сварки.

	Клепанный мост	Сварной мост	Экономия	
			Абсолют- ная	%
Число деталей, в шт.	545	460	85	15,6
Вес моста, в кг	5439	3698	1741	32
Рабочая сила, в часах	657,8	497,5	160,3	24,4
Стоимость, в руб.	1948,4	1408,1	540,3	27,7
Стоимость с накладными расходами, в рублях	2980	2160	820	27,5
Стоимость 1 м конструкции, в руб.	550	590	—40	—7,3

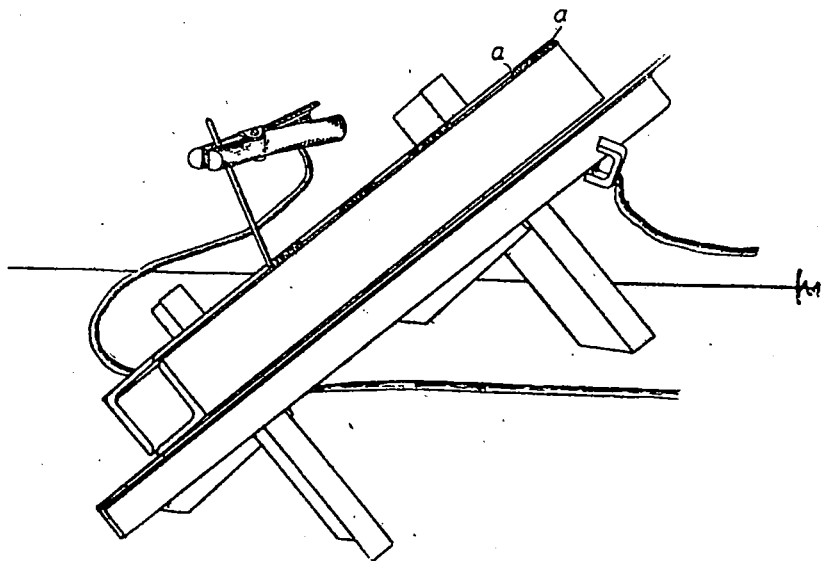
ГЛАВА V.

Процесс сварки.

Вопросы удобства и порядка сварки имеют очень большое принципиальное значение, поэтому при проектировании моста крана на них было обращено серьезное внимание. Особенно остро встает этот вопрос, если вспомнить, что самой легкой

сваркой является горизонтальная, труднее — вертикальная и самая трудная — потолочная; сварка в угол имеет, кроме того, свои трудные моменты. Вертикальная сварка, хотя и труднее горизонтальной, но дает лучшие результаты лабораторных испытаний, указывающие на высокое качество наплавного металла; потолочная сварка удается не всем сварщикам, вследствие чего рекомендуется ее избегать, так как она может затруднить внедрение сварки.

На основании вышесказанного, в основу проекта были положены горизонтальный и вертикальный (наклонный) швы. Вертикальный шов считался приемлемым, ибо им владеют почти



Фиг. 78.

все сварщики. Потолочный шов, как непроверенный испытаниями, при сварке совершенно не применялся, хотя принципиальных возражений против него делать не приходится. Итак, при разработке конструкции было обращено особое внимание на то, чтобы весь мост можно было сварить одними горизонтальными швами, что почти удалось благодаря удачной конструкции моста, частично прибегая к кантованию моста, которое практически оказалось немногим более, чем при клепке.

Про́смотрим процесс сварки моста по операциям.

1-я операция. Сварка раскосов производилась на специальных, очень простых козлах, сваренных тут же в цеху из уголков, показанных на фиг. 78. Сварка всего раскоса производилась однорядным швом, кроме концевых участков *аа*, где приходилось наваривать 2 слоя (после сбивки шлака на 1-ом слое), дабы получить полный прямой угол раскоса для воз-

возможности его дальнейшей приварки к верхнему и нижнему поясам. Угольники изнутри прокрашивались краской перед сваркой; кромки зачищались стальными щетками до полного исчезновения желтого цвета ржавчины; швы *aa* после сварки зачищались на наждачном круге.

Ввиду того, что толщина раскоса, входящего в промежуток между двумя швеллерами верхнего пояса (или двумя уголками нижнего пояса), должна быть выдержана точно, так как иначе трудно получить аккуратную сварку, был сделан специальный шаблон с допусками $\pm 0,0$ и $-1,0$ мм (50 и 49 мм), и по нему сварены все раскосы. Коробления раскосов вовремя сварки не было.

2-я операция. Раскладка поясов — очень простая операция, на которой не стоило бы останавливаться, но от нее зависит строительный выгиб моста (фиг. 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88 и 89 см. в конце книги).

Стелюги для сварки моста представляли собою ряд железнодорожных рельсов, положенных на деревянные, врытые в землю и выверенные по уровню столбики (фиг. 79), причем, как выяснилось впоследствии, расстояния между рельсами были взяты слишком большие, надо не более 0,5—0,7 м. На них были положены сначала швеллеры верхнего, потом угольники нижнего поясов и прихвачены сваркой к рельсам стелюг, при этом швеллерам верхнего пояса был дан строительный выгиб, как показано на фиг. 80. Величина строительного выгиба взята из фиг. 21, размер же прокладок между швеллерами взят в 2 раза больше из расчета на 2 фермы. На швеллерах перед их раскладкой была проведена линия схемы фермы и положения узлов; пользуясь этими точками был положен нижний пояс фермы, на котором также была нанесена линия схемы и точки узлов.

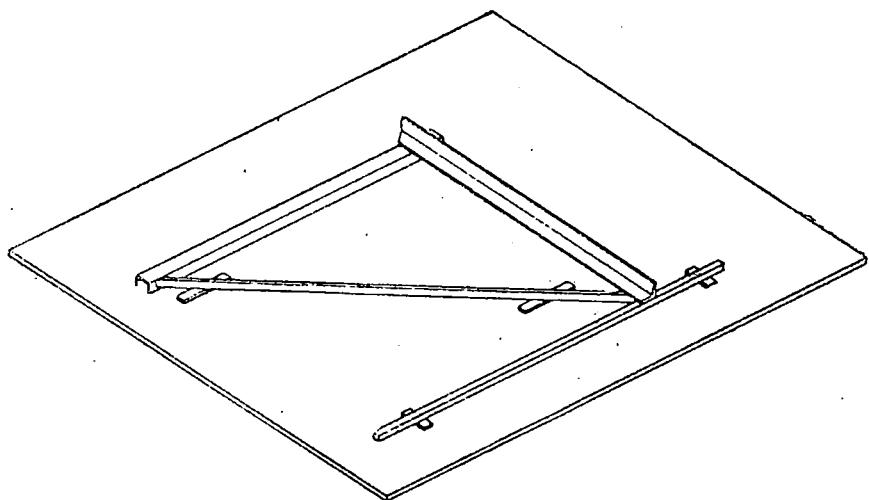
Здесь была сделана одна небольшая ошибка, повлекшая за собой все же много неприятностей: питали надежду на то, что после приварки раскосов концы нижнего пояса точно сохранят свое положение, почему оно не было фиксировано отрезками швеллеров (№ 22 по размеру опорной балки), как это показано на фиг. 80, и концы остались висящими на воздухе. В результате концы немного отошли, и при приварке опорной балки их пришлось пригибать; плотного прилегания достигнуть было трудно, в силу чего швы вышли неаккуратные — чрезмерно усиленные.

3-я операция. Приварка раскосов (фиг. 81). Сваренные во время первой операции раскосы положены на швеллер и угольник верхнего и нижнего поясов и прихвачены дугой. При раскладке раскосов особое внимание обращалось на точность совпадения их центров тяжести с линиями схем моста, и проверялась длина получившихся швов, которая могла колебаться из-за неаккуратности правки железа.

4-я операция. Приварка вторых швеллеров и угольников верхнего и нижнего поясов (фиг. 82).

После приварки раскосов были положены вторые швеллеры и угольники. Здесь во главу угла ставилось совпадение параллельности первого и второго швеллеров и угольника, во избежание перекосов при наварке лафетов. Приварка производилась горизонтальным швом.

5-я операция. Доварка раскосов и приварка лафета нижнего пояса. Данной операции можно было бы не производить, перенеся ее к 10-й операции—приварке опорной балки, но при этом есть опасение за то, что неполные швы могут сдать и ферма потеряет свой строительный выгиб. Поэтому ферма была поставлена в вертикальное положение, как показано на фиг. 83 (на что потребовалось 4 человека), и про-



Фиг. 84.

варены некоторые дополнительные швы раскосов, но не все, ибо для этого пришлось бы идти потолочным швом, некоторые же швы верхнего пояса в указанном положении вообще не доступны. Из фиг. 83 видно, что при приварке раскосов к нижнему поясу пришлось пользоваться наклонным швом. Лафет приваривался горизонтальным швом.

6-я операция. Сварка поперечных рамок (фиг. 84) производилась в стороне от крана. На листе толстого железа были нанесены риски, по которым укладывались стержни рамок и сваривались. Таким образом, эта операция никаких особых приспособлений не потребовала.

7-я операция. Вварка рамок (фиг. 85). После 5-й операции фермы были опять положены на стелюги в прежнем положении, и в промежутки между швеллерами и угольниками верхнего и нижнего поясов введены швеллеры рамок. Рамки

поставлены в строго вертикальное положение и частично вварены, причем пройдены были только горизонтальные швы.

8-я операция. Приварка верхнего и нижнего поясов вспомогательной фермы и прихватка пола (фиг. 86). Верхний и нижний пояса вспомогательной фермы квадратного трубчатого сечения, составленные из угольников подобно раскосам, сваривались на стороне. Точности, необходимого для раскосов главной фермы, здесь не требовалось, поэтому сварка производилась без шаблонов. После сварки нижний пояс был согнут и в таком виде, состоя из двух частей, прихвачен к рамкам, и одновременно был приварен нижний стержень рамки, не приваренный к рамке ранее.

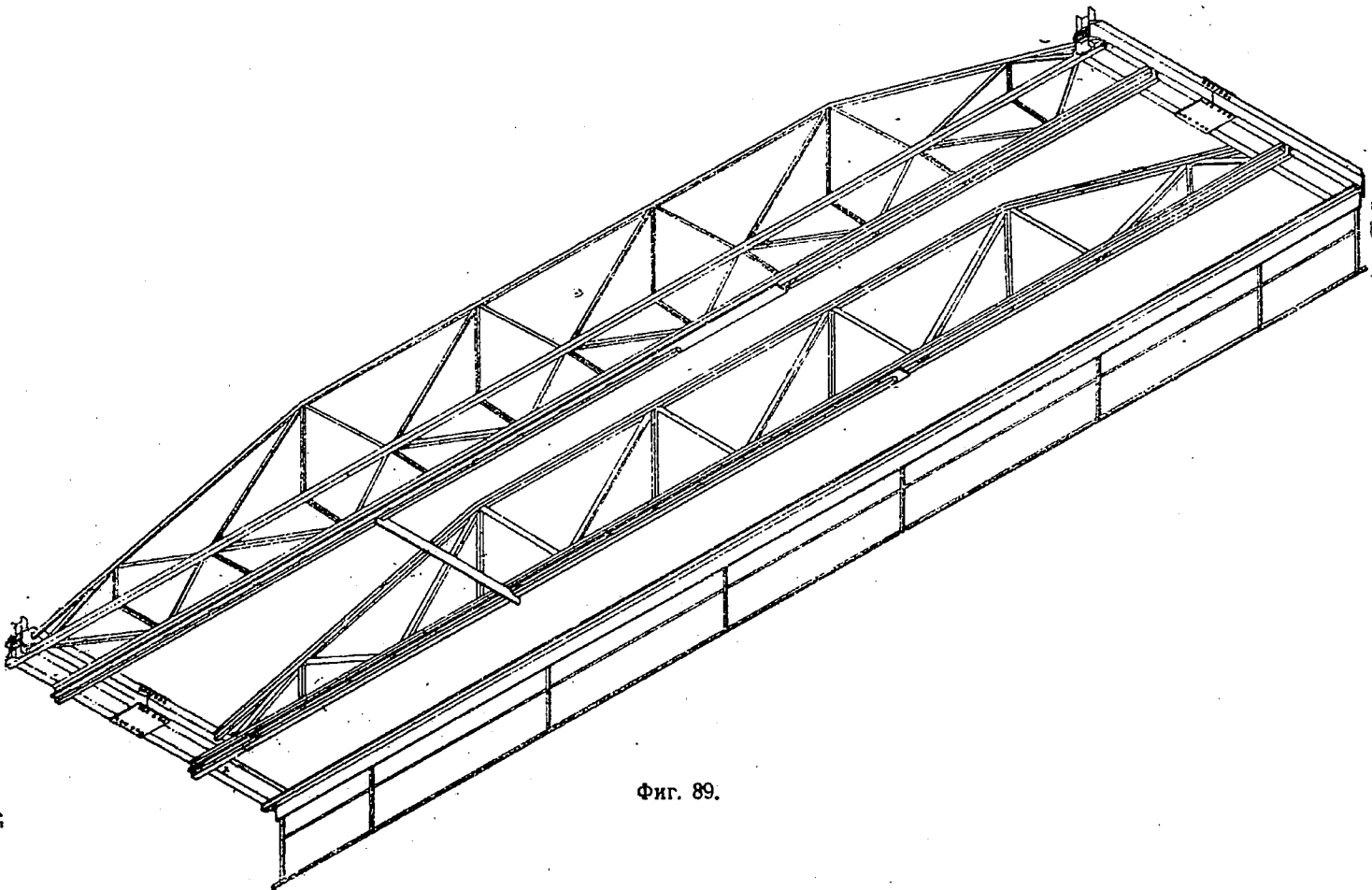
Эта операция производилась при вертикальном положении фермы (не так, как показано на фиг. 86), что, несомненно, было ошибкой, ибо, пришлось принимать специальные меры к тому, чтобы фермы не перекашивались на длине 14 м. При горизонтальном положении фермы, лежащей на выверенных по уровню стелюгах, этого произойти не могло, так как главная ферма была бы всегда абсолютно прямая.

9-я операция. Вварка раскосов вспомогательной фермы (фиг. 87). Раскосы вспомогательной фермы трубчатого квадратного сечения сваривались при помощи тех же приспособлений, что и раскосы главной фермы. Приварка раскосов производилась частично в горизонтальном, частично в вертикальном положении и во время операций 10 и 11.

10-я операция. Доварка раскосов вспомогательной фермы и приварка опорной балки. Приварку опорной балки лучше начинать так, как это показано на фиг. 88, при перевернутом мосте, когда можно удобно приварить нижние накладки, охватывающие главную и вспомогательную фермы с опорной балкой, положив швеллеры на верхний пояс, при этом можно обойтись почти без вертикальных швов, проварив диафрагмы во время поворачивания всей фермы для операции 11-й. В это же время, как видно из фиг. 88, не трудно доварить раскосы главной фермы и приварить лафет нижнего пояса.

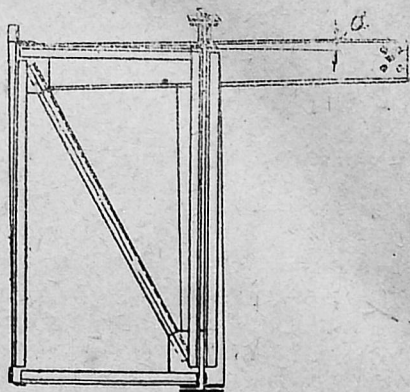
11-я операция. Доварка раскосов главной и вспомогательной ферм опорной балки, приварка пола, лафета верхнего пояса и рельса. Эта операция является фактически заключительной, во время которой происходит доварка всех непроваренных ранее швов, благодаря неудобному положению. Сюда относятся: одна половина швов раскосов главной фермы, большая часть швов, соединяющих раскосы вспомогательной фермы с нижним поясом, некоторые швы, оставшиеся недоваренными при приварке рамок и пр.

К самостоятельным крупным работам этой операции надо отнести приварку пола с одной стороны моста, приварку лафета верхнего пояса и приварку рельса. Первые две работы не требуют особой точности и могут быть исполнены на фермах,



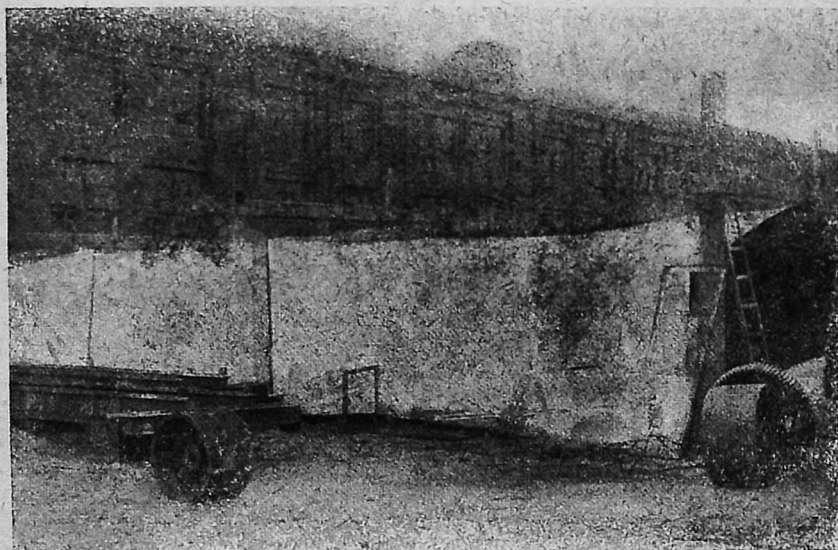
Фиг. 89.

свободно стоящих на стелюгах. Что же касается приварки рельса, то здесь приходится принимать специальные меры, чтобы выдержать точность ширины колеи, необходимую для хорошей езды тележки. Прежде всего были совершенно закончены стыки опорных балок, собираемые на болтах; после этого фермы были установлены ровно на стелюгах, и положен рельс сечением 50×50 (фиг. 89). Относительное положение рельсов было проверено по шаблону, и рельсы плотно прижаты струбцинками к верхнему поясу, в каком положении и приварены. По окончании сварки на мост крана установлен механизм передвижения, и мост был передан на испытание, описанное в главе VI.



Фиг. 90.

Уже по окончании работ по сварке моста можно было сделать ряд выводов, говорящих в пользу сварки в краностроении,



Фиг. 91.

а также и проверить до некоторой степени правильность выбранных приемов сварки.

Надо отметить, что один из самых трудных моментов в клепке моста — это получение строительного выгиба, очень хорошо

удавшегося при приемах, описанных выше. Несмотря на кантование моста с незаконченной сваркой, главная ферма не потеряла своего выгиба до самого конца, и законченный мост имел необходимый строительный выгиб.

Все опасения за то, что мост не будет достаточно жестким, ввиду его облегчения на 32%, оказались напрасными. Напротив, мост оказался при кантованиях и переносках более монолитным, чем клепаные мосты. Это можно было заключить из следующего: если одну из ферм моста поставить на три точки и посмотреть на нее вдоль рельса, то перекося фермы (свертывание винтом) будет хорошо заметен по положению опорных балок (фиг. 90), которые составят больший или меньший угол (α) в зависимости от перекося. Этот угол обычно хорошо виден глазом и у клепаных мостов большого пролета часто порождает сомнения, что подобный мост вообще может работать. Перекося опорных балок при кантовании и перевозках сварного моста обнаружить глазом не удалось. Кроме того, сварной мост всегда стоял на трех точках, не изгибаясь и деформируясь; поставить же его на четыре точки можно было только при помощи специальных подкладок. Все это приводит к выводу, что сварные краны должны быть гораздо жестче клепаных.

В заключение этой главы надо сказать, что сварка моста производилась зимой во дворе завода, в наскоро построенном брезентовом шалаше (фиг. 91), прерываясь лишь при морозах более 20° и сильных ветрах.

ГЛАВА VI.

Испытание моста.

По исполнении мост был установлен на козлы и подвергнут статическому испытанию, целью которого было: 1) проверка прочности швов; 2) определение напряжений в стержнях и проверка правильности расчета; 3) определение действительного прогиба моста и сравнение с расчетными данными.

Динамического испытания моста не производилось, так как мост был исполнен по заказу и доводить его до разрушения не имелось возможности. Кратковременное испытание его вибрационной машиной, по мнению работников Экспериментального Бюро Центрального Научно-Исследовательского Института Транспортного Строительства, производивших испытание, не оправдало бы расходов на установку и не дало ценных результатов. Конструкция моста и качество сварки, по их мнению, не вызвали сомнения, и предъявлять к мосту больших требований, как гарантии прочности, они не считали нужным.

Акт статического испытания приводится полностью и без изменений, кроме фигур с указанием положений тензометров, вычерченных более наглядно автором.

Некоторые замечания по поводу результатов акта даны в сносках.

А К Т.

4 марта 1932 г. Экспериментальное Бюро Центрального Научно-Исследовательского Института Транспортного Строительства произвело испытание сварного моста пролетом 14 м для крана подъемной силой в 5 т, изготовленного Московским заводом подъемных сооружений, согласно заказу № 7161 и чертежей №№ И-790—799.

Испытание заключалось в определении прогибов по середине пролета и напряжений в различных элементах как главных, так и вспомогательных ферм при нагрузке тележки в 5,7; 7,0 и 9,0 т. Нагрузка в 5,7 и 7,0 т осуществлялась путем загрузки чугунами болванками специальной платформы, передающей давление на главные фермы моста в точках, соответствующих бегункам тележки, нагрузка же в 9,00 т складывалась из нагрузок в 7,0 т данной платформы и дополнительной в 2,00 т, уложенной рядом с ней на двух поперечных балках.

Вес нагрузки определялся крановыми весами. Загружение моста для контроля показаний приборов повторялось многократно путем поднятия и опускания краном нагрузки. Прогибы измерялись прогибомерами Максимова, напряжения — тензометрами Гуггенбергера. Первоначально были измерены напряжения в верхних поясах, в панели O_4 (согласно обозначению на чертеже № И-795¹⁾), в нижних поясах в панели U_4 всех четырех ферм и в раскосе D_6 обеих главных ферм (фиг. 92).

Места установки приборов в сечениях элементов, результаты измерений, сравнение их с расчетными величинами приводятся в таблицах 7 и 8. Расчетные значения усилий в элементах главных ферм от нагрузки по середине пролета получены умножением значений усилий от веса груженой тележки из таблицы 20 на чертеже № И-797 на отношение к этому весу веса испытанной нагрузки, т. е. на коэффициенты

$$K_{5,7} = \frac{5,7}{2,4 + 5,0} = 0,770;$$

$$K_{7,0} = \frac{7,0}{7,4} = 0,946 \quad \text{и} \quad K_{9,0} = \frac{9,0}{7,4} = 1,216.$$

Для вспомогательных ферм расчетные напряжения не приводятся, так как по принятому методу расчета считается, что

¹⁾ См. фиг. 47 и 48.

вертикальная нагрузка от тележки передается полностью на главные фермы. Рассмотрение таблиц 7 и 8 показывает, что в действительности это не оправдывается, и вспомогательные фермы воспринимают на себя часть нагрузки. Напряжения во вспомогательных фермах составляют в среднем от 22 до 33% напряжений в главных фермах. Этим обстоятельством объясняется, что измеренные напряжения в главных фермах (как это видно из таблицы 1), в большинстве случаев, получились меньше расчетных напряжений и отношение их или конструктивная поправка, за исключением трех случаев,—меньше единицы. Из этой же таблицы видно, что главная ферма, на которой помещен мотор для передвижения крана, напряжена менее противоположной фермы¹⁾.

Таблица 7.

Измеренные напряжения в сечениях элементов главных ферм при нагрузке по середине пролета
(см. фиг. 92).

Элемент	Ферма	Нагрузка	Фибровые напряжения в кг/см ²					Осевое напря- жение	Расчетные на- пряжения	Конструктив- ная поправка
			1	2	3	4	5			
			Т е н з о м е т р							
Нижний пояс U_4	Без мо- тора	5,7	379	426	472	421	—	411	435	0,945
		7,0	431	575	570	632	—	541	535	1,011
		9,0	492	638	631	739	—	620	688	0,901
	С мото- ром	5,7	263	287	321	423	—	334	435	0,768
		7,0	333	287	418	553	—	421	535	0,787
		9,0	383	375	551	776	—	552	688	0,802
Верхний пояс O_4	Без мо- тора	5,7	— 93	— 164	— 118	— 184	— 48	— 134	— 186	0,720
		7,0	— 358	— 208	— 155	— 200	— 151	— 236	— 238	1,035
		9,0	—	—	— 352	— 480	— 336	— 424	— 293	1,447
	С мото- ром	5,7	— 28	— 120	— 75	— 120	—	— 84	— 186	0,452
		7,0	— 48	— 177	— 98	— 146	—	— 118	— 228	0,518
		9,0	— 83	— 236	— 162	— 174	—	— 158	— 293	0,539
Раскос D_8	Без мо- тора	5,7	— 169	—	—	—	—	— 169	— 195	0,867
		7,0	— 232	—	—	—	—	— 232	— 239	0,971
		9,0	— 216	—	—	—	—	— 216	— 308	0,701
	С мото- ром	5,7	— 158	— 109	—	—	—	— 134	— 195	0,687
		7,0	— 226	— 154	—	—	—	— 190	— 239	0,795
		9,0	— 163	— 86	—	—	—	— 125	— 308	0,406

¹⁾ Это можно объяснить случайной несимметричностью испытательной нагрузки, состоящей из чугунных болванок СГГ.

Если по измеренным напряжениям определить изгибающие моменты, приходящиеся на каждую из четырех ферм, то, например, для нагрузки в 7 т и напряжений в нижних поясах мы получим следующие значения:

Главная ферма с мотором: $M_1 = 421 \times 19,82 \times 1,15 = 9596 \text{ км}$
 " " без мотора $M_2 = 541 \times 19,82 \times 1,15 = 12391 \text{ "}$
 Вспомог. ферма с мотором $M_3 = 128 \times 5,74 \times 1,15 = 845 \text{ "}$
 " " без мотора $M_4 = 200 \times 5,74 \times 1,15 = 1320 \text{ "}$

Итого $\Sigma M = 24092 \text{ км}$

Таблица 8:

Измеренные напряжения в сечениях элементов вспомогательных ферм при нагрузке в середине пролета
 (см. фиг. 92).

Элемент	Ферма	Нагрузка	Фибровые напряжения в кг/см^2				Осевое напряжение
			1	2	3	4	
			Тензометр				
Нижний пояс U_4	Без мотора	5,7	169	165	—	—	167
		7,0	195	204	—	—	200
		9,0	216	242	—	—	229
	С мотором	5,7	84	82	—	—	83
		7,0	135	120	—	—	128
		9,0	149	154	—	—	152
Верхний пояс O_4	Без мотора	5,7	— 25	— 38	—	—	— 32
		7,0	— 50	— 61	—	—	— 56
		9,0	— 50	— 56	—	—	— 53
	С мотором	5,7	—	—	— 2	— 10	— 6
		7,0	—	—	— 30	— 19	— 25
		9,0	—	—	— 54	— 41	— 48

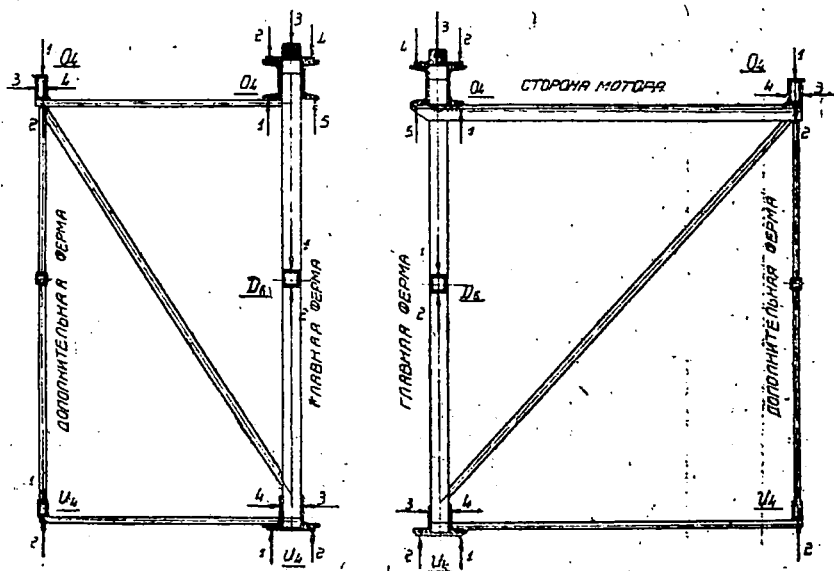
Расчетная же величина изгибающего момента по середине пролета:

$$M = \frac{7000 \times 14}{4} = 24500 \text{ км.}$$

Отсюда процентное распределение нагрузки на все четыре фермы таково:

Вспомогательная ферма с мотором . . .	$\frac{845 \times 100}{24500} = 3,5\%$
Главная ферма с мотором	$\frac{9596 \times 100}{24500} = 39,2\%$
Главная ферма без мотора	$\frac{12331 \times 100}{24500} = 50,3\%$
Вспомогательная ферма без мотора . . .	$\frac{1320 \times 100}{24500} = 5,4\%$
Итого = 98,4%	

Следовательно, общий изгибающий момент, определенный по измеренным напряжениям, достаточно близко совпадает с расчетной величиной. Распределение m нагрузки по отдельным фермам показывает, что хотя вспомогательные фермы и разгружают главные, но, вследствие несимметричного расположения



Фиг. 92.

нагрузки, на одну из главных ферм приходится 50,3% всей нагрузки. Последнее соответствует принятому методу расчета, не учитывающему разгружающего действия вспомогательных ферм. Значительное отклонение измеренных величин напряжений в поясе и в раскосе от расчетных величин при нагрузке в 9,0 t объясняется тем, что в расчете не учитывался местный изгиб верхнего пояса от поперечных балок для дополнительной нагрузки и действительное расположение этих балок в панели.

Таблица 9.

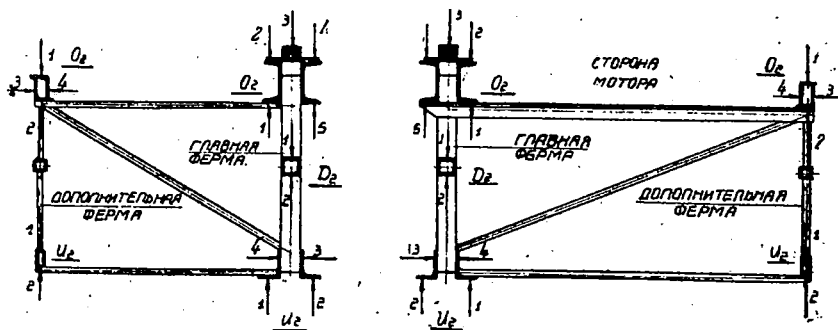
Измеренные напряжения в сечении элементов второй панели главных и дополнительных ферм при нагрузке в 7 т по середине пролета и над опорой

(см. фиг. 93).

Элемент	Ферма	Располо- женные нагрузки	Фибровые напряжения в кг/см ²					Освое наприя- жение	Расчетные на- пряжения	Конструктив- ная поправка	
			1	2	3	4	5				
			Т е н з о м е т р								
Г л а в н а я ф е р м а	Нижний пояс U_2	Без мо- тора	На опоре	197	127	129	150	—	163	235	0,69
			Посред.	438	328	292	319	—	362	370	0,98
		С мо- тором	На опоре	257	160	161	261	—	236	235	1,00
			Посред.	291	226	182	205	—	238	370	0,64
	Верхний пояс O_2	Без мо- тора	На опоре	+ 6	— 76	— 70	— 65	+ 16	— 47	— 194	—
			Посред.	+ 12	— 51	— 85	— 79	— 18	— 44	— 100	—
		С мо- тором	На опоре	+ 59	— 109	— 80	— 115	—	— 61	— 194	—
			Посред.	+ 9	— 42	— 66	— 60	—	— 40	— 100	—
	Р а с к о с D_2	Без мо- тора	На опоре	+ 145	+ 186	—	—	—	+ 166	+ 268	—
			Посред.	+ 83	— 146	—	—	—	— 115	— 109	—
		С мо- тором	На опоре	+ 209	+ 256	—	—	—	+ 235	+ 268	—
			Посред.	— 116	— 91	—	—	—	104	109	—
Вспомогательная ферма	Нижний пояс U_2	Без мо- тора	На опоре	+ 48	+ 50	—	—	—	+ 49	—	—
			Посред.	+ 124	+ 116	—	—	—	+ 122	—	—
		С мо- тором	На опоре	+ 54	—	—	—	—	+ 54	—	—
			Посред.	+ 86	—	—	—	—	+ 86	—	—
	Верхний пояс O_2	Без мо- тора	На опоре	— 49	— 26	—	—	—	— 38	—	—
			Посред.	— 107	— 52	—	—	—	— 80	—	—
		С мо- тором	На опоре	—	—	— 68	— 53	—	— 61	—	—
			Посред.	—	—	— 73	— 51	—	— 62	—	—

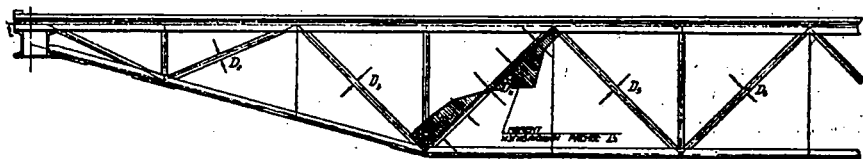
При втором цикле испытаний тензометры в середине пролета были перенесены во вторую панель (фиг. 93) и измеряли напряжения от нагрузки в 7 т, устанавливаемой в середине пролета и над опорой.

Результаты этих измерений приведены в табл. 9, из которой видно, что в нижнем поясе и в раскосе измеренные напряжения тоже довольно часто доходят до расчетных значений. В верхнем поясе измеренные напряжения незначительны по



Фиг. 93.

сравнению с расчетными, что объясняется разгрузкой главных ферм вспомогательными (напряжения в верхних поясах последних получились больше напряжений в поясах главных ферм). Кроме того, объясняется это тем обстоятельством, что при расчете не учитывалось наличие рельса, сечение которого, примерно, равно расчетному сечению пояса и который (рельс), благодаря



Фиг. 94.

приварке, принимает участие в работе всего сечения. Если учесть вышеизложенное, то расчетные напряжения снизятся до половины и станут близкими к измеренным значениям.

Раскос D_2 как при нагрузке в середине пролета, так и на опоре, работает близко к расчетным предположениям. В таблице 10 приводятся напряжения в раскосах главной фермы без мотора при нагрузке 7 т по середине пролета (фиг. 94). На каждом раскосе было установлено по два прибора по продольной оси перпендикулярно плоскости фермы полки верхнего и нижнего уголков, составляющих сечение раскоса, так что разность

напряжений каждой пары приборов характеризует собой изгиб раскоса в плоскости фермы.

Как видим из таблицы, наиболее сильно изгибаются раскосы D_2 и D_6 , и величина этого изгиба от раскоса постепенно уменьшается к раскосу D_3 , который почти не изгибается.

По сравнению с расчетными значениями, определенными умножением на отношение нагрузок значений усилий по таблице 2 (стр. 30), измеренные напряжения превосходят эти расчетные величины, и конструктивная поправка получается всюду более 1,00, доходя до значения 1,92 для раскоса D_3 . Данное обстоятельство может быть объяснено лишь неравномерным распределением опорных реакций на отдельные опоры главных и вспомогательных ферм, а так как по своей абсолютной величине напряжения весьма не значительны, то никаких опасений такое превышение расчетных величин вызывать не может.

Для выявления влияния опорных моментов в раскосе D_4 главной фермы с мотором были установлены 12 приборов в различных сечениях по длине раскоса. Результаты измерений помещены в таблице 11, показывающей, что осевое напряжение по всей длине раскоса сохраняет довольно постоянное значение и в среднем составляет 74% расчетной величины. Недогрузка этой фермы уже отмечалась и ранее.

Рассмотрение напряжений в отдельных сечениях показывает, что изгибающий момент от наибольших значений у нижнего пояса постепенно уменьшается к середине длины раскоса и затем, переменяв свой знак на обратный, начинает вновь возрастать к верхнему своему концу.

Некоторое нарушение плавного изменения величины момента имеет место в верхней четверти, причиной чего является неудовлетворительная работа прибора на нижней полке раскоса, давшего преуменьшенные показания, что отразилось и на осевом напряжении раскоса.

Два прибора, установленные в среднем сечении раскоса, на вертикальных полках сечения указывают на наличие изгиба раскоса из плоскости фермы, причем по своей величине этот изгиб превосходит величину изгиба раскоса в плоскости ферм.

Для определения прогибов главных ферм были установлены прогибомеры по середине пролета, измерявшие прогибы всех четырех ферм при нагрузке 7 т по середине пролета, а затем приборы были перенесены на все четыре опоры главных ферм для определения осадки этих опор при второй нагрузке моста по середине пролета. При этой нагрузке прогиб главных ферм за вычетом осадки опор получился равным:

$$\text{для фермы с мотором } 8,0 - \frac{1,3 + 1,6}{2} = 6,55 \text{ мм},$$

$$\text{для фермы без мотора } 9,6 - \frac{1,2 + 1,6}{2} = 8,2 \text{ мм}.$$

Отсюда видим, что и в этом случае перегрузка фермы без мотора сказалась на результатах измерения.

Таблица 10.

Измеренные напряжения в раскосах главной фермы без мотора при нагрузке 7 т по середине пролета

(см. фиг. 94).

№№ раскосов	Напряжения в фибрах		Осевое на- пряжение	Расчетное напряжение	Конструк- тивная по- правка
	Верхний	Нижний			
D_2	— 180	— 105	— 142,5	— 109	1,31
D_3	+ 123	+ 127	+ 125	+ 55	1,92
D_4	— 248	— 238	— 243	— 240	1,01
D_5	+ 273	+ 252	+ 262	+ 240	1,09
D_6	— 218	— 280	— 240	— 240	1,04

Таблица 11.

Напряжения в различных сечениях по длине раскоса D_4 главной фермы с мотором при нагрузке в 7 т над углом 4—5

(см. фиг. 94).

С е ч е н и е	Напряжения в фибрах				Осевое напря- жение	Расчет- ное на- пряже- ние	Конст- руктив- ная по- правка
	Верхний	Нижний	Внутрен- ний	Наруж- ный			
У верхнего конца	— 233	— 200	—	—	— 217	— 300	— 0,72
В верхней четверти	— 247	— 166	—	—	— 207	— 300	0,69
По середине длины	— 262	— 255	— 120	— 241	— 220	— 300	0,73
В нижней четверти	— 238	— 238	—	—	— 246	— 300	0,82
У нижнего конца	— 194	— 255	—	—	— 225	— 300	0,75
С р е д н е е					— 223	— 300	0,74

Распределение нагрузок близко соответствует определенным выше значениям 39,2 и 50,3%. По сравнению с расчетной величиной прогиба от полной нагрузки, определенном на чертеже И-797, как 12,4 мм, прогиб от сосредоточенной нагрузки в 7 т по середине пролета может быть принятым равным $0,6 \times 12,4 = 7,44$ мм (исходя из соотношения усилий от сосредоточенной и полной нагрузки для поясов).

Среднее значение измеренного прогиба равно

$$\frac{8,2 + 6,55}{2} = 7,38 \text{ мм},$$

что достаточно близко подходит к расчетной величине¹⁾.

Резюмируя все вышеизложенное, Экспериментальное Бюро Сектора Конструкций Центрального Научно-Исследовательского Института Транспортного Строительства НКПС приходит к заключению, что работа испытанного сварного моста как в целом, так и в отдельных его деталях, совпадает с расчетными предположениями.

Возможное с теоретической стороны облегчение веса главных ферм за счет учета работы вспомогательных на практике осуществлено быть не может, так как, вследствие возможной перегрузки одной продольной половины моста за счет другой (как это имело место при испытании), напряжения в перегруженной ферме достигнут расчетных значений, кроме того, вспомогательные фермы воспринимают на себя не более 3—5% от всей нагрузки.

Со стороны внешнего осмотра сварочные работы выполнены во всех соединениях удовлетворительно и не внушают никаких опасений за прочность моста.

Руководитель Сектора Конструкции ЦИС НКПС Евграфов.
Руководитель Экспериментального Бюро Максимов.

Приложение

ПРОЕКТ ИНСТРУКЦИИ

*по производству и приемке сварных крановых мостов
на Московском заводе подъемных сооружений*

Составлено инж. Лейкиным Н. С.

Сварные крановые мосты являются самыми ответственными сварными конструкциями, выполненными заводом; поэтому для обеспечения их полной надежности необходим самый тщательный отбор людей, машин и материалов.

¹⁾ См. стр. 36, где прогиб от одной полезной нагрузки 5 т определен в 5,8 мм, что при 7 т нагрузке должно превратиться в 8,1 мм, т. е. действительный прогиб меньше расчетного на 10%.

I. МАШИНЫ — желательно постоянного тока, как дающие лучший провар, более спокойную и устойчивую дугу, обеспечивающие возможность доброкачественной вертикальной и потолочной сварки и позволяющие работать слабообмазанными и даже голыми электродами. Переменный ток допускается на всех работах, кроме приварки раскосов к поясам.

II. ЭЛЕКТРОДЫ — диаметром 4-5 мм исключительно высококачественные (ОСТ—407, марка II). Независимо от наличия марки — от каждой партии электродов в 250 кг должны быть подвергнуты механическим испытаниям в лаборатории три образца, и для этой же партии должен быть определен химический состав. Временное сопротивление электродов на разрыв должно быть не менее 35 кг/мм^2 и удлинение — 22%. Химический состав должен соответствовать ОСТ. Результаты механических испытаний и химического анализа хранятся у цеховой администрации и при сдаче готовых конструкций должны предъявляться контролю.

Примечания: 1. Порядок испытания электродов — согласно техническим условиям НКПС ОСТ-ТУ-24-§ 3.

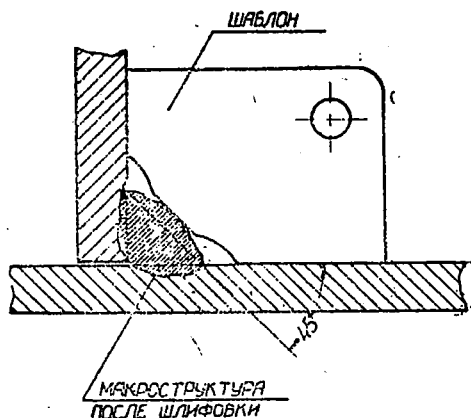
2. Обмазка электродов рекомендуется самая минимальная состава: мел, жидкое стекло и вода в следующих пропорциях; вода + 75 см³, жидкое стекло—25 см³. В этой смеси разводится химически чистый, молотый мел до такой консистенции, чтобы после погружения в нее электрода на нем осталась тонкая пленка обмазки. Правильный состав обмазки контролируется тем, что при ударе о железо или при проведении электродом по острой кромке стола или изделия обмазка должна довольно легко отскакивать. При работе голыми электродами рекомендуется получать их указанным способом, т. е. счищая обмазку с обмазанных. Такие электроды имеют совершенно чистую поверхность.

III. СВАРЩИКИ. К сварке ответственных узлов крановых мостов допускаются сварщики квалификации не ниже 5-го разряда. Такой сварщик должен:

а) быть хорошо знаком со сварочным генератором, знать правила обращения с ним, уметь правильно выбирать для каждой работы нужную силу тока;

б) уметь накладывать швы любых размеров под шаблон, с правильным углом наклона в 45° и наплывом 1—1,5 мм как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях с равномерно обеспеченным проваром в обе плоскости и в угол (фиг. 95);

в) хорошо справляться с явлениями магнитного отдувания дуги. Показателем достаточной опытности сварщика в этом отношении является умение накладывать швы совершенно чистые:



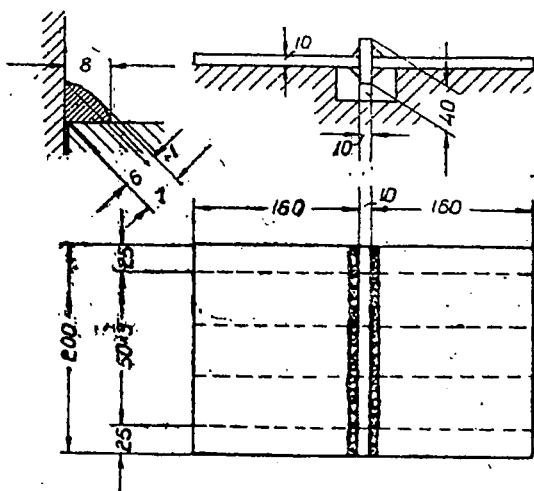
Фиг. 95.

от бурого налета—ржавчины (покрытые только черной пленкой шлака и окалины).

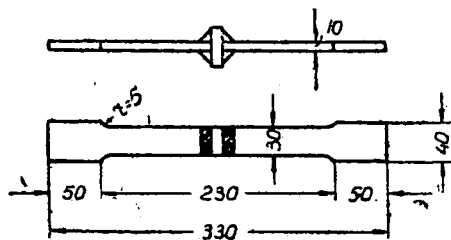
Раз в три месяца сварщик должен пройти следующие испытания: сварку крестом, согласно фиг. 96, которая должна производиться в положении, указанном на эскизе. Для совпадения осей пластин желательно пользоваться строганой подкладкой с вырезом для помещения поперечной планки. Швы обязательно должны быть выполнены под размер с точностью $0 \pm 1,5$ мм.

После сварки из образца кислородом вырезаются три полосы по пунктирным линиям, из которых затем путем строжки, фрезерования или опиловки изготавливаются нормальные образцы для испытания на разрывной машине (фиг. 97), — всего 3 образца.

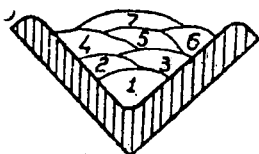
На одном из образцов (желательно среднем) место сварки зашлифовывается, полируется и травится 50%-ным водным раствором соляной кислоты, подогретой до 30° . Полученная макроструктура исследуется на провар, который должен быть одинаково хорош в обе плоскости (до 1,5 мм) в особенности в угол.



Фиг. 96.



Фиг. 97.



Фиг. 98.

Затем образцы отправляются в лабораторию. Испытание на разрыв, при условии разрушения по шву, должно дать временное сопротивление в шве не ниже 3000 кг/см^2 (среднее из трех). Определяется оно по формуле

$$\sigma = \frac{P}{a \cdot b},$$

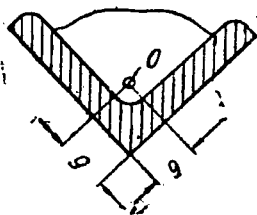
где P — разрывающее усилие в кг,

a — толщина шва по линии биссектора прямого угла между сваренными планками (не считая наплыва) в см,

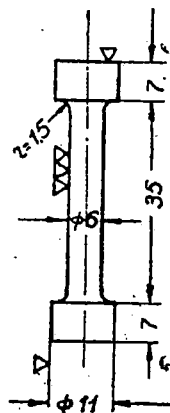
b — ширина образца в см.

2) Испытание на качество металла шва; делается наплавка в обрезок угольника $25 \times 25 \times 5$ или $30 \times 30 \times 5$, последовательно накладывая 7 слоев один на другой в порядке, указанном на фиг. 98 (на каждый слой расходуется 1 электрод диаметром 4 мм). После каждого слоя обязательна самая тщательная зачистка от шлака и окалины вплоть до обдирки наждаком. Всего делается три наплавки горизонтально и три вертикально, длиной 100 мм каждая. Затем образцы опиливаются с торца и ставится центр „О“, согласно размерам на фиг. 99. По этому центру на токарном станке вытачивается образец, изображенный на фиг. 100.

Образцы нумеруются и отправляются в лабораторию для испытания на разрыв на прессе Гегарина. Среднее удлинение у 6 образцов должно быть не менее 8% при временном сопротивлении не менее 3500 кг/см^2 ; удлинение 6%, при временном сопротивлении 3200 кг/см^2 — первое для сварки ответственных узлов раскосных мостов, второе то же балочных мостов. Указанные значения для удлинения взяты на первое время, пока нет большого опыта по сварке. Впоследствии они должны быть повышены.



Фиг. 99.



Фиг. 100.

Результаты испытаний сварщиков заносятся в специальные паспорта. Паспорта сварщиков, варивших конструкцию, должны предъявляться контролю при сдаче этой конструкции.

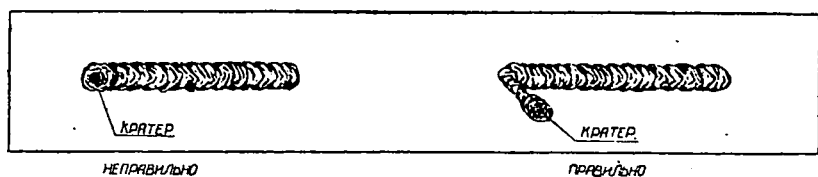
IV. ПРОИЗВОДСТВО СВАРКИ. 1) Перед началом сварки тщательно осмотреть все контакты, в месте присоединения обратного провода к конструкции, железо необходимо очистить до металлического блеска.

2). Место сварки и соседние участки должны быть очищены от грязи, масла, ржавчины и окалины. Очистку лучше производить перед сборкой; все легкие детали в местах сварки должны обдираться на стационарном наждачном точиле; крупные детали в местах сварки зачищаются или легкими переносными наждачными точилами с гибким валом, или пескоструйным аппаратом, или специальными скребками. Во всяком случае место сварки должно быть очищено до металлического блеска; поверхность должна быть шероховатой, но не гладкой (полированной). При большом количестве работ целесообразно организовать специальные бригады „чистильщиков“, снабжен-

ных всем необходимым инструментом и приспособлениями. В менее ответственных местах допускается чистка только одной стальной щеткой, с последующим протиранием тряпкой, смоченной в бензине с тем, чтобы ржавчина была удалена совершенно. Черный слой окалины допустим. Места ответственные и менее ответственные должны быть указаны в чертежах.

3) При заготовке необходимых для конструкции элементов допускается газовая резка, но при условии обязательной зачистки кромок разреза наждачным кругом, напильником или зубилом.

4) Наиболее доброкачественной является горизонтальная сварка, почему ее главным образом и нужно применять, идя даже на то, чтобы несколько раз кантовать изделие. Потолочная сварка в раскосных мостах недопустима при сварке главной фермы, в остальных частях может допускаться, как исключение.



Фиг. 101.

5) Как правило, при сварке крановых мостов всюду накладываются одинарные швы.

6) Сборку конструкций рекомендуется производить при помощи коротких швов-закреп. Последние следует располагать в таких местах, где они не мешают основным швам (самое лучшее в углах); если же прихватку приходится делать в том месте, где должен пройти шов, то при наложении его прихватка обязательно должна быть срублена.

7) Все особо ответственные швы нужно стараться проходить без отрыва дуги; если обрыв произошел — необходимо кратер вырубить зубилом, и это место проварить вновь, для чего зажигать дугу, отступя назад на 10 мм.

8) Заканчивая шов, ни в коем случае нельзя оставлять кратер на шве, нужно обязательно выводить его на сторону, на одну из плоскостей (фиг. 101).

9) Если во время сварки крупная капля металла брызнула на то место, где должен пройти шов, — необходимо сварку прервать, соблюдая правило вынесения кратера, и удалить каплю, после чего продолжать сварку, руководствуясь пунктом 7.

10) Не работать на сквозняке и при сильном ветре. При работе во дворе в ветряную погоду обязательно загораживаться щитами.

11) В зимнее время во дворе разрешается производить сварку при температуре воздуха до 20° Ц. При температурах

ниже 20° Ц сварку ответственных конструкций производить воспрещается.

12) По окончании сварки конструкции или узла сварщик должен поставить свое клеймо, лучше всего — наплавленным валиком написать свои инициалы, причем место клейма должно быть заранее установлено.

V. КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА. Поскольку нет достаточно надежных методов определения качества сварки в готовых конструкциях — необходим самый тщательный контроль в процессе сварки. Для этого в сварочном цехе на каждые 10 сварщиков должен быть 1 контролер-инструктор, хорошо знающий сварочное дело. В его обязанности входит наблюдение в процессе сварки за соблюдением всех технических правил подготовки и сварки. При невозможности иметь такого инструктора, необходима сдача контрольному отделу конструкции дважды: сначала для приемки заготовки, а затем для приемки сварки.

При приемке заготовки проверяется правильность размеров, недопущение слишком больших зазоров, а самое главное — доброкачественность зачистки.

Приемка сварки разбивается на две: предварительная приемка до испытания и окончательная приемка после испытания.

Предварительная приемка:

1) Проверяется наличие клейма сварщика на конструкции и соответствие этого клейма с паспортом испытания сварщика.

2) Производится самый тщательный осмотр всех швов, измеряя шаблоном соответствие размеров шва с данными чертежа. Шаблон должен иметь максимум и минимум; переход через тот и другой отмечают. Швы меньших размеров должны быть усилены. За швы, сильно превышающие нужные размеры, сварщику ставится на вид излишний расход электродов.

3) Отмечаются недоброкачественные швы (лопнувшие, отставшие), а также небрежно наложенные, с перерывами, с невынесенным кратером, окруженные большим количеством брызг (признак чересчур сильного тока и длинной дуги). Швы явно негодные должны быть вырублены и заменены новыми. Швы небрежно положенные, в зависимости от степени их важности, могут быть вырублены или оставлены по решению технорука. Однако, в том и другом случаях швы считаются браком и оплате не подлежат.

4) Отмечаются также все пропуски.

5) При осмотре швов рекомендуется легкое остукивание их молоточком: хорошие швы должны издавать такой же звук, как и целый металл.

6) Швы, почему-либо вызывающие сомнение, могут быть, по требованию контроля, частично вырублены для выяснения сомнений.

После исправления всех дефектов, отмеченных контролем, производится зачистка всех швов стальной щеткой, срубка

брызг и капель и затем окраска. Производить окраску без зачистки швов воспрещается, так как краска, положенная на брызги и на пленку шлака и окалина, впоследствии от сотрясений отскакивает вместе с ними, а обнаженное таким образом место служит очагом усиленной коррозии.

V. ИСПЫТАНИЕ. После предварительной приемки и окраски мост передается на испытание. Испытание должно производиться в условиях, соответствующих тем, в которых кран будет находиться при работе. Для этого на заводе должна быть построена испытательная станция в виде подкранового пути с переменным расстоянием между колеями (одна колея неподвижная, другая подвижная), соответствующим наибольшему и наименьшему пролетам мостов, изготавливаемых заводом.

На испытательный мост устанавливается механизм передвижения с катками и тележка с механизмами. Затем мост ставится на подкрановый путь и нагружается полуторной (двойной) нагрузкой, причем загрузка должна происходить с воспроизведением всех толчков и ударов, возможных в работе. По окончании загрузки определяется прогиб моста (в конструкции испытательной станции должны быть предусмотрены соответствующие устройства для определения прогибов как от собственного веса, так и от нагрузки). После этого мост приводится в движение с рабочими скоростями, для создания наибольших инерционных усилий применяются наибольшие пусковые ускорения, максимальное торможение, а также толчки об упоры. Такое испытание производится дважды: первый раз с грузом в середине пролета, второй раз — с грузом у опоры.

После динамического испытания мост оставляется под нагрузкой в течение суток; затем груз снимается, и вновь производится осмотр всех швов и окончательная приемка.

Примечание. После полного овладения заводом техникой сварки мостов пункт VI—„Испытание мостов“ может быть отменен с разрешения НКТ.

Ответств. редактор А. Ф. Жигулев.

Техн. редактор И. Ю. Рода.

Сдано в набор 30/IV—1933 г.

Корректор А. М. Удалова.

Подписано к печати 18/XI—1933 г.

Формат бумаги 62 × 94.

Количество печатных листов 4.

Количество бумажных листов 2.

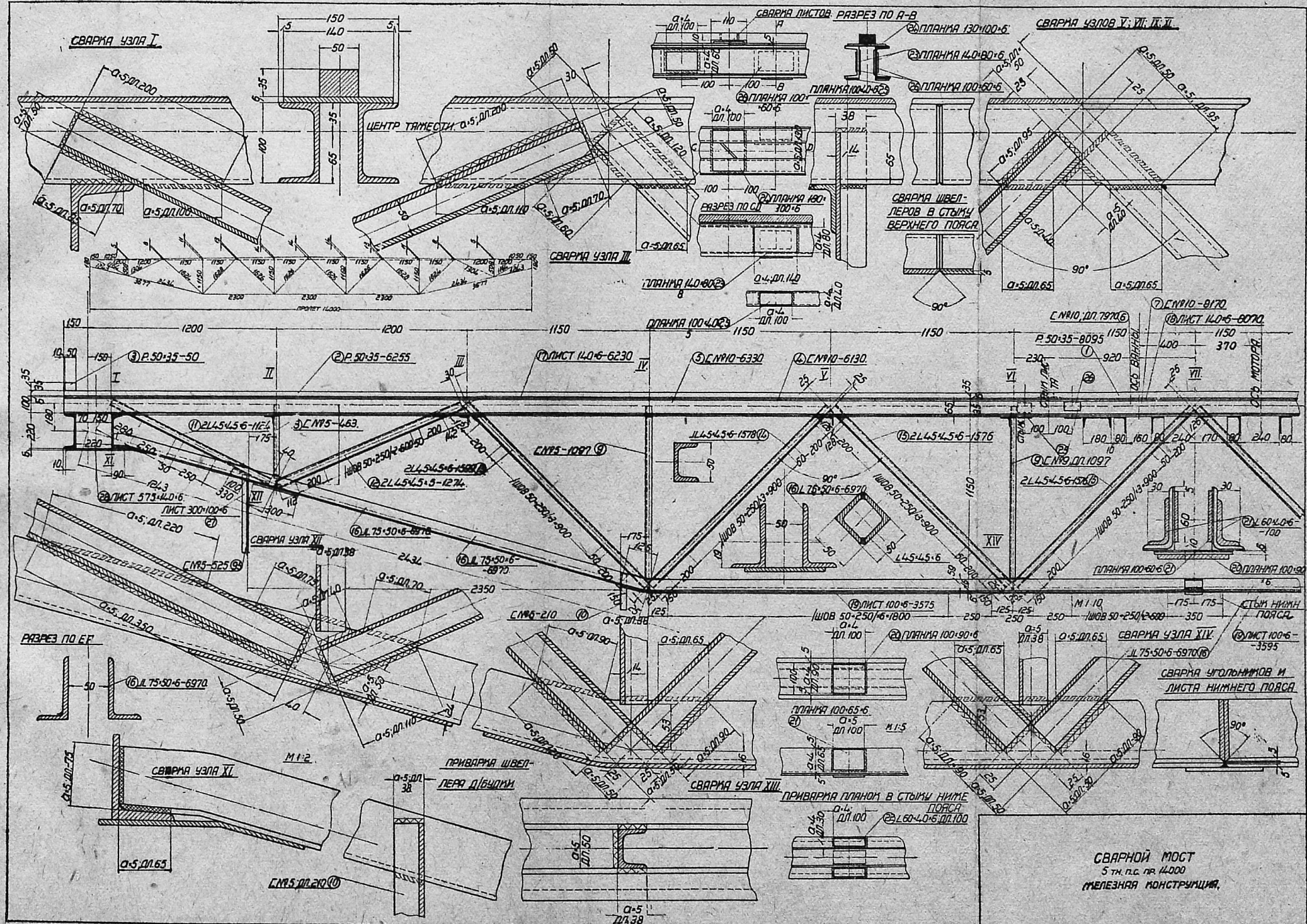
Ленгортлит № 26708.

Тираж № 5200.

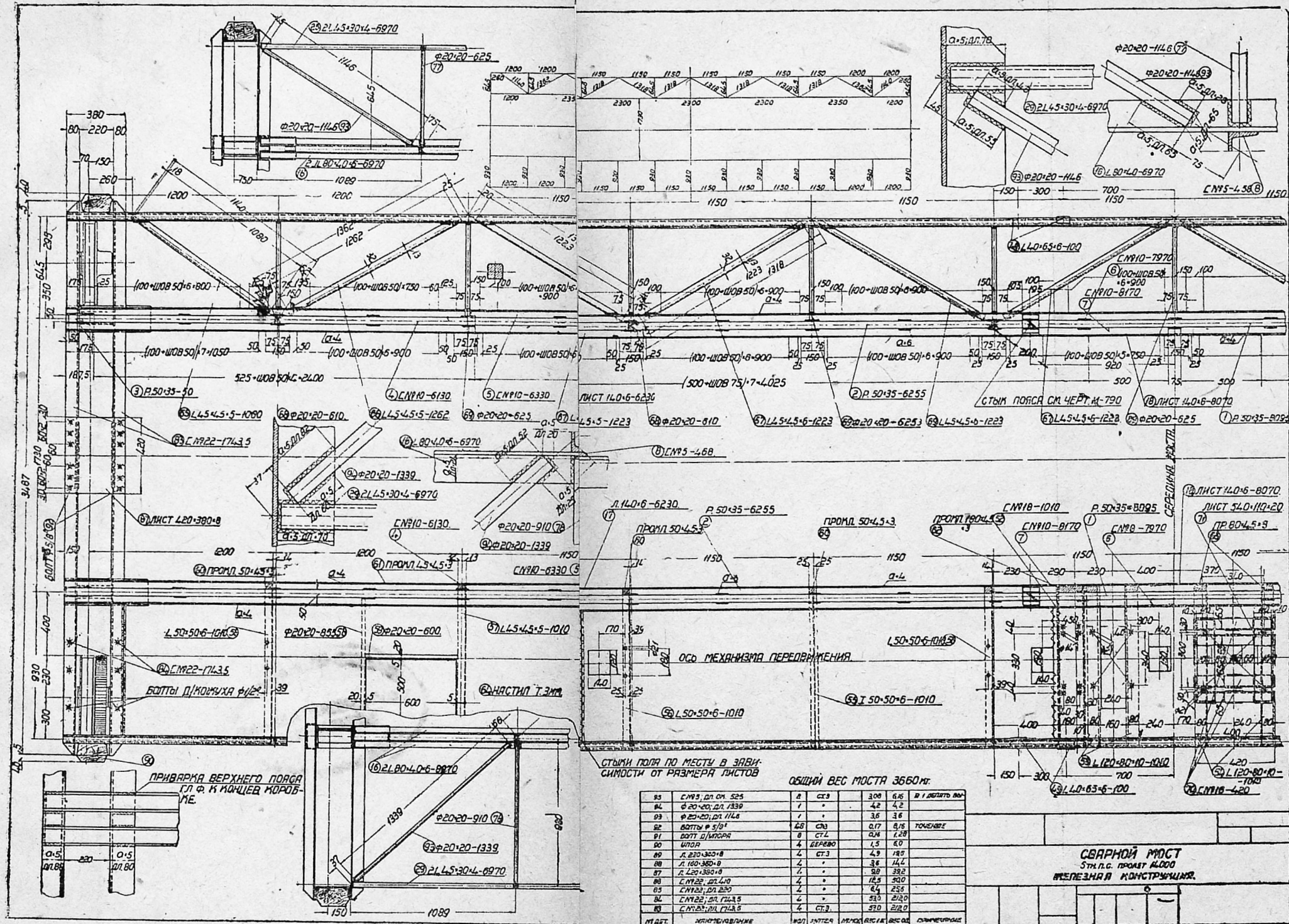
Заказ № 3558.

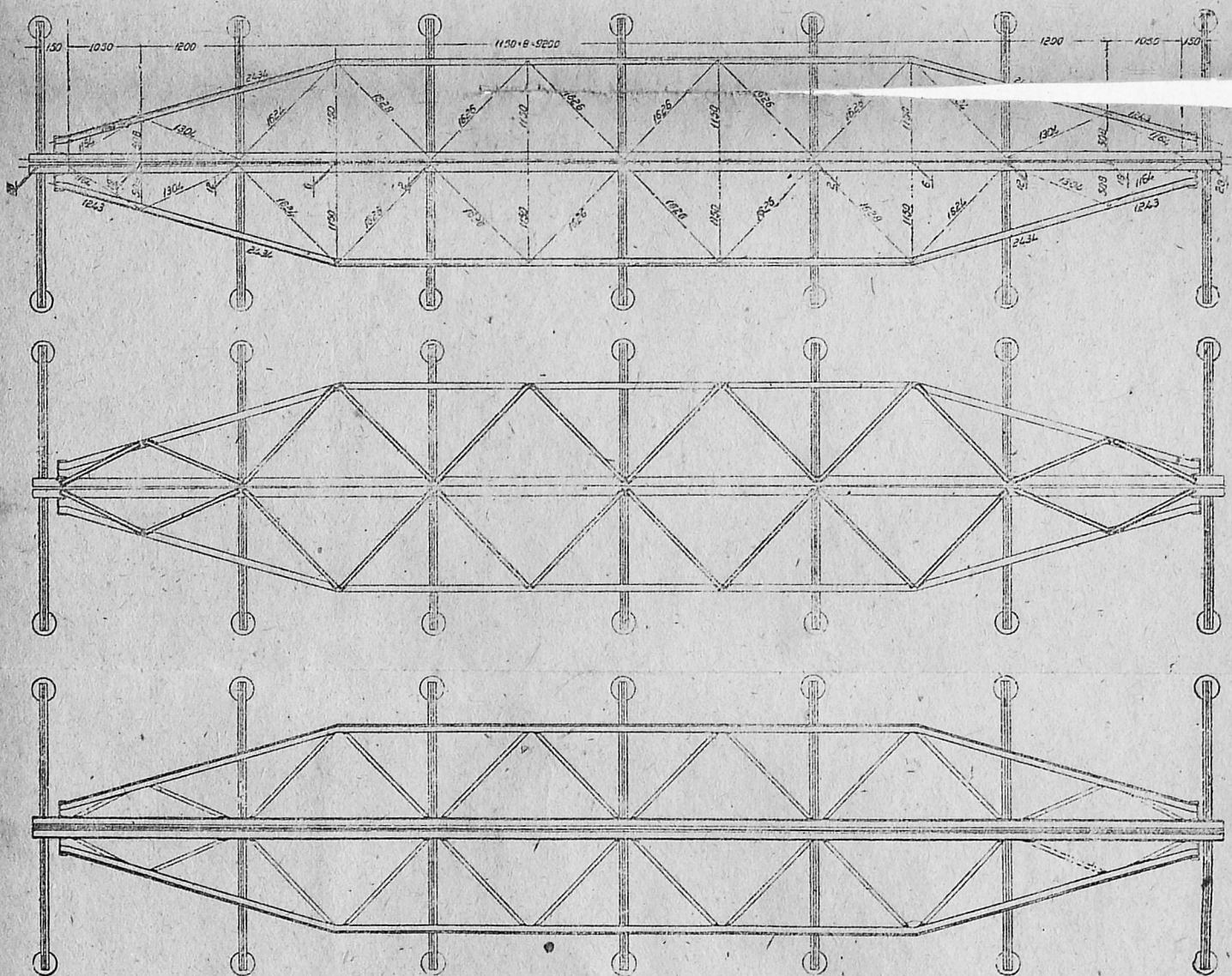
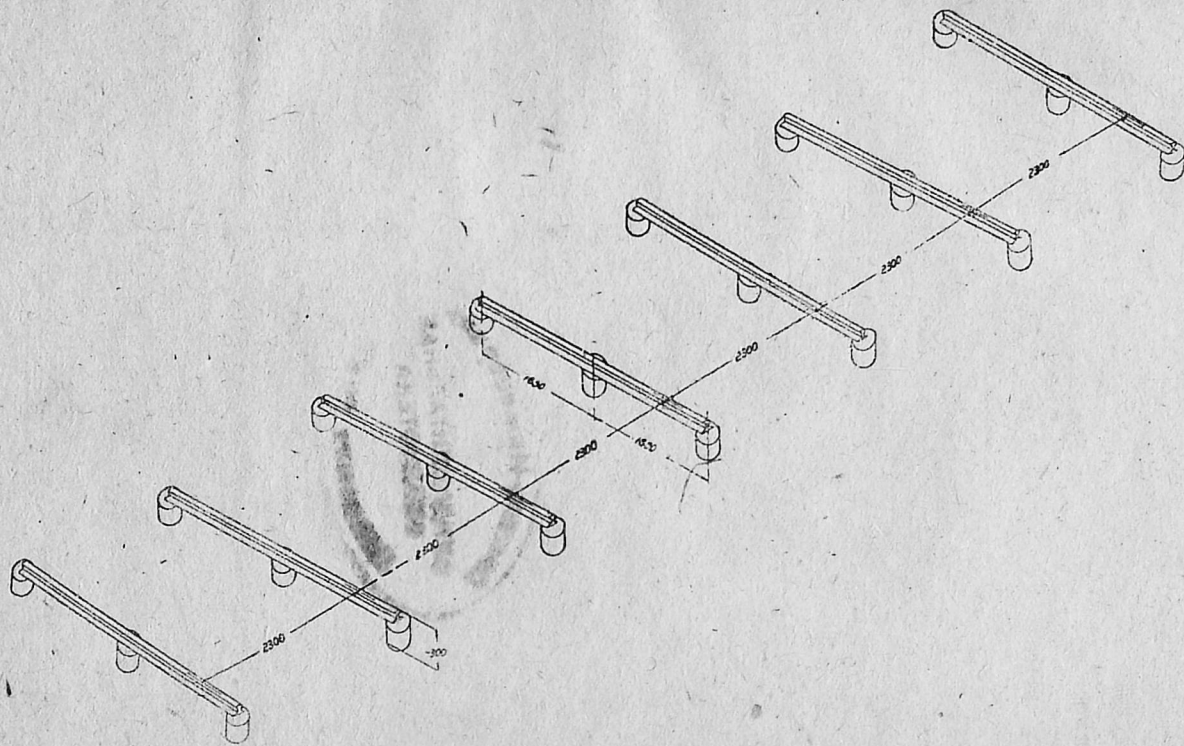
ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
В в е д е н и е	3
ГЛАВА I. Выбор конструкции моста	6
ГЛАВА II. Расчет моста	15
ГЛАВА III. Качество сварки	33
ГЛАВА IV. Стоимость сварного моста	38
ГЛАВА V. Процесс сварки	40
ГЛАВА VI. Испытание моста	47
П р и л о ж е н и е	56

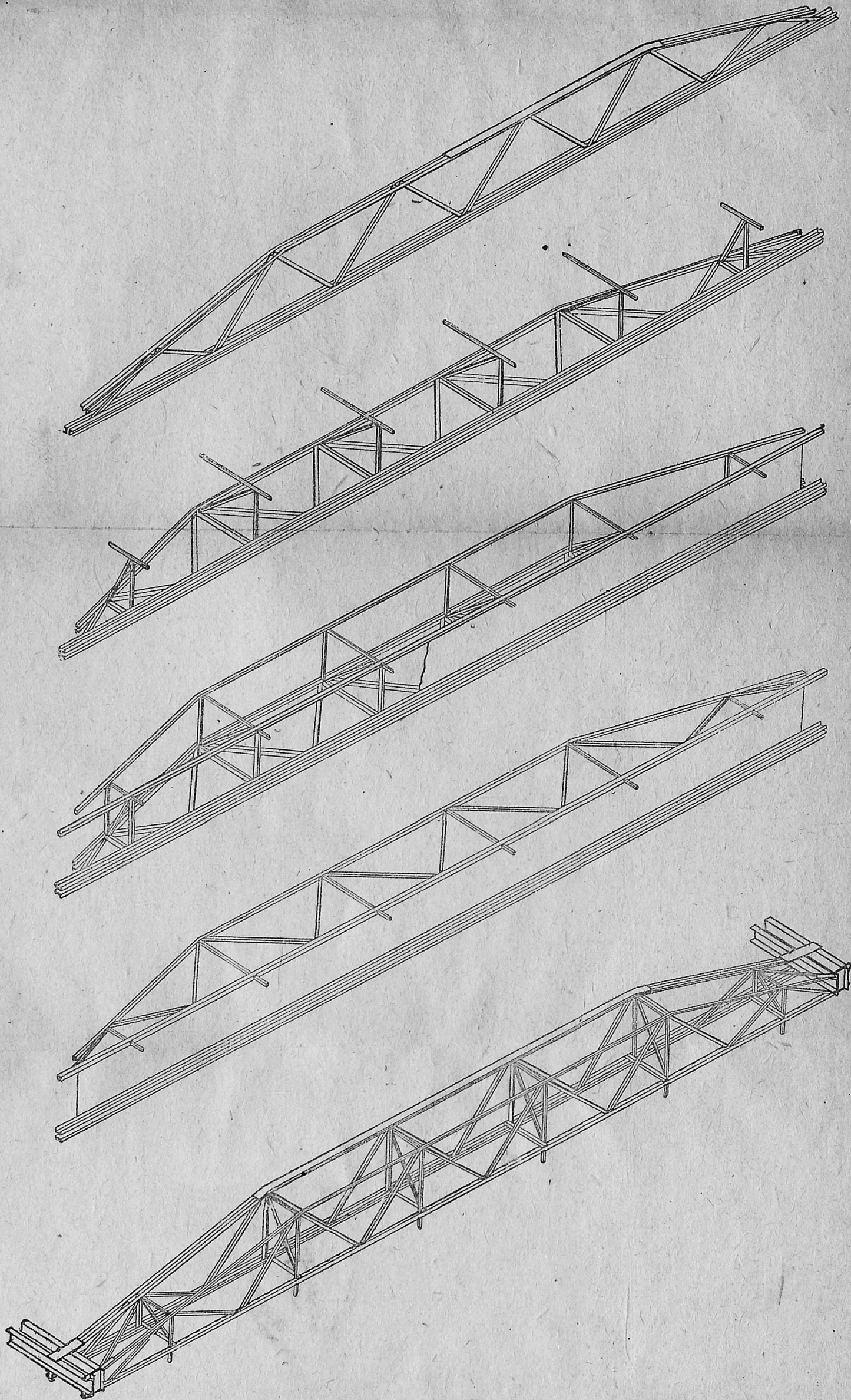


Фиг. 21.





Фиг. 79, 80, 81 и 82.



Фиг. 83, 85, 86, 87 и 88.

15к

Д

Цена 1 р. 50 к.

11573

№607

СКЛАДЫ ИЗДАНИЙ:

Ленинград, 1, Мойка, 42, тел. 5-61-63

Москва, 4, Ульяновская, 3, тел. Ж1-12-77