НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

# РЕКОМЕНДАЦИИ

## ПО УСИЛЕНИЮ ФОРМ НА ЗАВОДАХ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

МОСКВА–1987

gost.e-ecolog.ru

УДК 666.982.033

Печатаются по решению секции заводской технологии НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 25 июля 1986 г.

Рекомендации по усилению форм на заводах сборного железобетона.- М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1987, с.49.

Рассмотрены способы усиления форм, поддонов и бортов, которые обеспечивают повышение их жесткости на изгиб и кручение или снижение деформативности. Приведены указания по расчету поддонов и бортов при разных способах усиления. В приложениях даны примеры конструктивного решения усиленных поддонов и бортов, а также примеры расчета усиления.

Предназначены для инженерно-технических работников, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией форм для производства железобетонных изделий.

Табл.2, илл.32.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона Госстроя СССР, 1987

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Качество железобетонных изделий в значительной степени зависит от форм, в которых изготовляют изделия. Это связано в первую очередь с деформативностью формы в целом и ее основных частей - поддона и бортов при приложении расчетных нагрузок. Не меньшее значение имеет величина и характер остаточных деформаций, полученных при изготовлении формы и в процессе ее эксплуатации.

Чтобы снизить отрицательные последствия недостаточной жесткости формы, а также недопустимых искривлений рабочей поверхности поддона, рекомендуется проводить усиление формы, поддона и бортов.

Усиление формы и поддона требуется и в тех случаях, когда необходимо в форме или на поддоне (при немедленном распалубливании) изготовлять изделия с более мощной, чем предусмотрено расчетом, предварительно напряженной арматурой или изготовлять предварительно напряженные изделия на несиловом поддоне.

Особенно часто возникает необходимость в снижении деформативности формы на кручение, так как поддоны с обычной решеткой, состоящей из продольных и поперечных балок, имеют низкую крутильную жесткость. Это ведет не только к появлению трещин в железобетонных изделиях, но и к большим отклонениям от плоскостности граней, когда изделия твердеют на изогнутом поддоне.

В настоящих Рекомендациях рассмотрены наиболее эффективные способы усиления форм, поддонов и бортов, а также расчет усиления применительно к разным способам. В них обобщены результаты многолетних исследований НИИЖБ по созданию форм рационального типа и опыт усиления форм на заводах сборного железобетона.

Рекомендации разработаны в НИИЖБ Госстроя СССР лабораторией совершенствования заводской технологии железобетона (канд.техн. наук Г.С.Митник).

Замечания и предложения по содержанию настоящих Рекомендаций просим направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Усиление формы, поддона и бортов выполняют с целью повышения жесткости конструкции (конструктивного элемента) на изгиб и кручение или снижения ее (его) деформативности.

I.2. Усиление формы в целом или основных ее элементов – поддона и бортов производят в тех случаях, когда на производство поступает партия форм, которые характеризуются повышенной деформативностью от расчетных нагрузок и технологических воздействий, что резко снижает качество железобетонных изделий по важнейшим параметрам.

I.3. К усилению формы, поддона и бортов, находящихся в эксплуатации, прибегают, когда изготовленные в них железобетонные изделия имеют дефекты (трещины, недопустимые отклонения от плоскостности, увеличения размера в середине изделия по ширине и длине и т.п.), появление которых связано с повышенной деформативностью формы.

I.4. Вопрос об усилении форм встает также при необходимости выпускать железобетонные изделия с более мощной, чем принятая п р и расчете формы, арматурой или использовать несиловые формы (поддоны) для изготовления предварительно напряженных изделий.

I.5. Усилению формы, поддона и бортов должно предшествовать испытание конструкции на деформативность по ГОСТ 26438-85 и "Рекомендациям по методам испытаний форм для сборного железобетона" (М., НИИЖБ, 1984).

Если деформативность формы, поддона и бортов превышает требования, записанные в ГОСТ 25781-83 или других нормативно-технических документах, принимают решение об усилении конструкции по одному из способов, приведенных в настоящих Рекомендациях.

I.6. Для определения эффективности принятого способа усиления производят повторные испытания усиленной конструкции, и на основании их результатов делают заключение о целесообразности усиления всей партии форм или поддонов по этому способу и конструктивному решению.

I.7. Для конкретной формы из рассмотренных в настоящих Рекомендациях способов усиления следует принимать тот способ или те способы, которые в наибольшей эффективностью позволяют решать задачи, поставленные при усилении конструкции.

При наличии двух или более способов усиления примерно одинаковой эффективности выбор одного из них для реализации следует проводить, исходя из конкретных условий производства, минимального рас-

хода стали и сравнения приведенных затрат на усиление партии форм разными способами.

I.8. Способы усиления, описанные в настоящих Рекомендациях, разработаны в развитие "Указаний по усилению поддонов при изготовлении предварительно напряженных железобетонных изделий" (М., Госстройиздат, 1959), "Руководства по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, 1970), "Рекомендаций по расчету и конструированию форм при трехточечном опирании" (М., НИИЖБ, 1978) и "Рекомендаций по расчету и конструированию поддонов с раскосной решеткой" (М., НИИЖБ, 1982).

## 2. СНИЖЕНИЕ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ФОРМ

2.I. Усиление формы в целом предусматривает снижение ее деформативности или увеличение жесткости на изгиб и кручение.

Усиление поддона и бортов (см.разд.3...5 настоящих Рекомендаций) следует рассматривать как варианты усиления формы в целом.

2.2. Увеличение жесткости формы с откидными бортами возможно благодаря приварке части бортов к поддону (обычно одного продольного и одного торцевого). Этот способ усиления применим, когда при одном или двух приваренных бортах изделие свободно извлекается из формы.

2.3. В тех случаях, когда по условиям свободного распалубливания невозможно приварить отдельные борта, следует перейти к конструктивному решению с разделением борта по высоте на две части, нижнюю из которых приваривают к поддону.

2.4. Снижение деформаций силовой формы возможно за счет уменьшения эксцентриситета приложения силы натяжения арматуры. Уменьшение эксцентриситета достигается приваркой в поддоне и (или) бортах дополнительных элементов (балок, полос и т.п.), смещающих положение центральной плоскости формы к точке приложения равнодействующей усилий от предварительно напряженной арматуры.

При полном совмещении центральной плоскости с точкой приложения равнодействующей обеспечивается центральное приложение продольной нагрузки, что исключает изгиб формы. Тот же эффект достигается при применении качающихся упоров, рассмотренных в гл.6 "Руководства по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, 1970).

2.5. Основной способ снижения деформативности форм при любой технологии, кроме стендовой, состоит в их переводе на трехточечное

опирание, при котором многократно снижается кручение конструкции в процессе ее перемещения, транспортирования и установки на постах технологической линии.

Перевод форм на трехточечное опирание

2.6. Трехточечное опирание предполагает расположение опор в вершинах равнобедренного треугольника, при этом средняя опора совмещается с продольной или поперечной осью формы (рис.I).

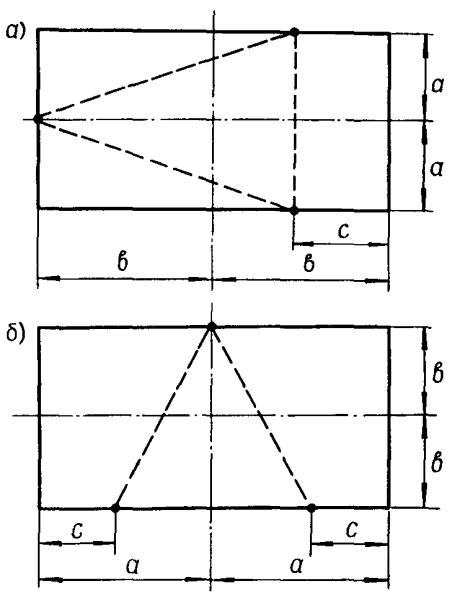


Рис.I. Рекомендуемые схемы трехточечного опирания
а - средняя опора расположена на продольной оси;
б - то же, на поперечной

При переводе формы на трехточечное опирание не приходится вносить изменения в ее конструкцию или представляется возможным ограничиться изменением положения отдельных узлов.

2.7. Схему расположения трех опор принимают в зависимости от конкретных условий производства. При отсутствии противопоказаний технологического или конструктивного порядка предпочтительнее схема на рис.I,а, при которой деформации на свободных (неопертых) углах всегда меньше и может быть обеспечено равенство опорных реакций в трех точках.

2.8. Оптимальное смещение крайних опор от краев из условий минимальных деформаций в характерных точках поддона зависит от соотношения размеров поддона в плане (см.рис.I,а):

$\gamma = \frac{a}{b}$ = 0,8 соответствует $\tau = \frac{c}{2b}$ = 0.28...0,32;

$\gamma$ = 0,7 " $\tau$ = 0,24...0,32;

$\gamma \leq$ 0,6 " $\tau$ = 0,28;

при $\gamma$ , равном I и 0,9, смещение опор практически не влияет на величины деформаций.

2.9. Оптимальное смещение крайних опор от краев (см. рис.I, а), обеспечивающее равенство опорных реакций, $\tau$ равно 0,33 для всех значений $\gamma$ ( $\tau$ и $\gamma$ см. п.2.8 настоящих Рекомендаций).

2.I0. Смещение крайних опор от краев при расположении средней опоры на продольной оси принимают, исходя из конкретных условий производства, конструкции формы и положений пп. 2.8 и 2.9 настоящих Рекомендаций.

2.II. При опирании по схеме на рис. I,б смещение крайних опор от краев, обеспечивающее минимальные деформации, зависит от соотношения размеров поддона в плане $\gamma = \frac{a}{b}$ и отношения $D_к / D_1$ , где $D_к$ и $D_1$ - жесткость поперечного сечения поддона соответственно на кручение и изгиб.

Оптимальное смещение опор приведено в табл.I.

Таблица I

| $\gamma$ | $\alpha = 1 - c/a$ при $D_к / D_1$ , равном | | |
|---|---|---|---|
| | 0,05 | 0,I | 0,5 |
| 6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| 4 | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| 2 | 0,5 | 0,6 | 0,8 |
| I | 0,5 | 0,5 | 0,6 |

Примечание. При $D_к / D_1$ = 0,0I оптимальное смещение опор при всех значениях $\gamma$ равно 0,5.

2.12. Опорные реакции при расположении опор по с х е м е на рис. 1,б не зависят от величины смещения опор до краев.

2.13. Смещение крайних опор от краев при расположении средней опоры на поперечной оси принимают, исходя из п.2.11 настоящих Рекомендаций и с учетом того, что при смещении опор максимальные деформации отмечаются на свободных углах.

2.14. Если перевод на трехточечное опирание не обеспечивает необходимую степень снижения деформаций, требуется местное усиление конструкции, которое следует выполнять по пп. 2.15 и 2.16 настоящих Рекомендаций.

2.15. Для схемы с расположением средней опоры на продольной оси (см.рис.1,а) наиболее рационально повышение жесткости наружных продольных балок и торцевой балки над средней опорой. В первую очередь, местное повышение жесткости рекомендуется создавать приваркой вторых швеллеров или вертикальных листов, а также приваркой отдельных бортов, если такая возможность имеется (см. пп. 2.2 и 2.3 настоящих Рекомендаций).

2.16. Для схемы с расположением средней опоры на поперечной оси (см.рис.1,б) наиболее эффективно усиление наружных продольных балок. При невозможности выполнения этого условия следует усилить балку над средней опорой или приварить расположенный над ней продольный борт, если такая возможность имеется (см. пп. 2.2 и 2.3 настоящих Рекомендаций).

2.17. Деформации формы при переводе на трехточечное опирание можно определить испытанием (см. п.1.5 настоящих Рекомендаций) или подсчитать по "Рекомендациям по расчету и конструированию форм при трехточечном опирании" (М., НИИЖБ, 1978).

2.18. При поточно-агрегатной и полуконвейерной технологиях в ряде случаев достаточно перейти на опирание в трех точках в ямных камерах, чтобы решить проблему изготовление изделий с отклонениями от плоскостности в пределах допускаемой величины. При наличии в камере пакетировщика для этого необходимо одну автоматическую стойку удалить, а вторую сместить к продольной или поперечной оси (рис.2,а,б).

2.19. Отсутствие в ямной камере пакетировщика требует оснащения каждой формы тремя опорными стойками, расположенными по схемам рис. 2,в, и г. Рациональная конструкция составной стойки приведена в прил.1 настоящих Рекомендаций.

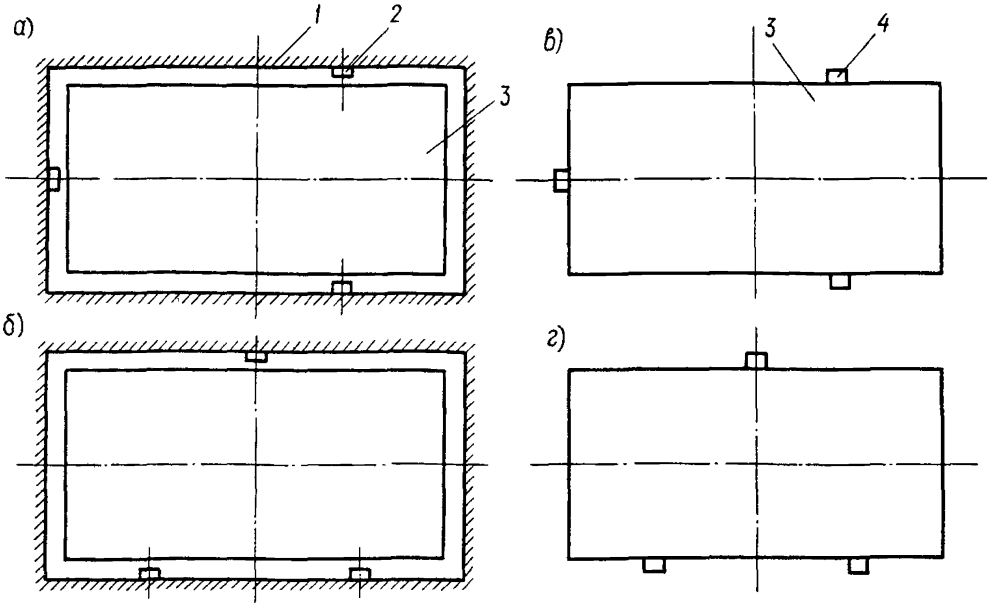


Рис.2. Схемы расположения опорных устройств

а – в ямной камере, оснащенной пакетировщиком, средняя стойка на продольной оси; б – то же, средняя стойка на поперечной оси; в – в форме с опорными стойками, средняя стойка на продольной оси; 2 – то же, средняя стойка на поперечной оси;

I – стенка камеры; 2 – автоматическая стойка; 3 – форма; 4 – опорная стойка

При изготовлении изделий с немедленным распалубливанием на поддоне приемлем вариант с использованием съемных или откидных стоек (см.прил.I настоящих Рекомендаций).

2.20. При установке формы в ямной камере на деревянные и л и стальные подкладки следует ограничить их число тремя с размещением по схемам на рис.2,в и г.

2.2I. При переводе форм, используемых на поточно-агрегатных технологических линиях, на сквозное трехточечное опирание в них предусматривают расположение по схемам, приведенным на рис.2,в,г,не только опорных стоек, но и подъемных устройств и мест опирания на постах технологической линии, если опорные стойки не предназначены для такого опирания.

2.22. Перевод форм-вагонеток* на трехточечное опирание возможен в вариантах с четырьмя и тремя колесами. При любом варианте ликвидируются трещины в изделиях, вызываемые искривлениями рабочей поверхности поддона из-за колебаний отметок головки рельсов и неровностей пути на стыках, и исключается падение формы-вагонетки.

2.23. При четырех колесах трехточечное опирание достигается объединением двух колес качающейся балкой (балансиром), которая на горизонтальной оси крепится к несущей раме поддона (рис.3,а,б).

Решение с консольным расположением качающейся балки (с м. рис.3,а) обычно требует меньшего изменения конструкции формы-вагонетки, поэтому при усилении его применяют в первую очередь. В производственных условиях успешно используют также схему, приведенную на рис.3,б.

Примеры конструктивного решения форм-вагонеток с четырьмя колесами при трехточечной схеме опирания приведены в прил.I настоящих Рекомендаций.

2.24. Форма-вагонетка, у которой больший размер перпендикулярен продольной оси конвейера (рис.3,в), при переводе на три колеса, как правило, не требует установки дополнительной балки для снижения деформаций со стороны, где расположено одно колесо; такое решение обычно предусматривают в форме-вагонетке, установленной так, что ее длина параллельна продольной оси конвейера (рис.3,г).

---

* Все приведенные ниже указания в равной степени относятся к поддонам-вагонеткам и транспортным тележкам, на которых устанавливают формы.

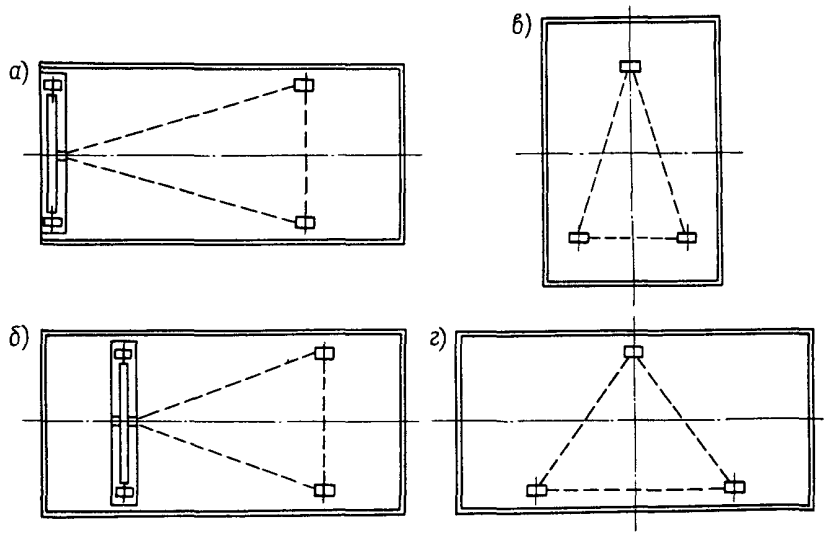


Рис.3. Схемы форм-вагонеток с трехточечным опиранием (вид снизу)

а - форма-вагонетка с четырьмя колесами при консольном расположении качающейся балки; б - то же, качающаяся балка смещена к поперечной оси; в - форма-вагонетка с тремя колесами для поперечного перемещения; г - то же, для продольного перемещения

## 3. УСИЛЕНИЕ ПОДДОНОВ ПРИ РАБОТЕ НА ИЗГИБ

3.1. Работа поддона на изгиб связана с приложением к нему расчетных статических нагрузок - вертикальной от собственного веса и веса бетона и продольной от силы натяжения арматуры изделий, а также динамических воздействий при вибрационном уплотнении бетонной смеси. В ряде случаев на поддон дополнительно действует нагрузка от технологического оборудования, в том числе от устройств, создающих то или иное давление с целью лучшего уплотнения бетонной смеси.

3.2. Усиление поддонов* при работе на изгиб достигается двумя способами:

увеличением жесткости конструкции на изгиб;

предварительным напряжением поддона.

3.3. Увеличение жесткости поддона возможно при установке дополнительных продольных (в широких поддонах продольных и поперечных) балок или полос из толстолистовой стали, привариваемых вертикально или горизонтально (к нижним полкам швеллеров).

Необходимое число дополнительных балок или число и площадь привариваемых полос определяют расчетом в соответствии с указаниями "Руководства по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, 1970).

3.4. Повышение жесткости на изгиб благодаря увеличению площади поперечного сечения поддона обычно малоэффективно и к тому же этот способ требует заметного дополнительного расхода стали. К этому способу следует прибегать в тех случаях, когда не могут быть использованы другие варианты усиления.

3.5. Основной способ усиления поддона - предварительное его напряжение, при котором поддон получает выгиб, погашаемый при приложении к нему расчетных нагрузок.

Способ усиления за счет предварительного напряжения рекомендуется как для поддонов, предназначенных для изготовления предварительно напряженных железобетонных изделий, так и поддонов, на которых изготовляют изделия с обычной ненапряженной арматурой.

3.6. Предварительное напряжение конструкции обеспечивает возможность формования изделий на горизонтальной или изогнутой в допускаемых пределах рабочей поверхности поддона, а также упругую его работу в течение всего срока эксплуатации.

---

* Все приведенные ниже указания относятся как к собственно поддонам, так и поддонам, оснащенным бортами, т.е. к формам.

3.7. Усиление поддона за счет предварительного напряжения может выполняться в трех вариантах:

приваркой к поддону предварительно напряженных тяг;

приваркой к изогнутому поддону тяг, напрягаемых при его выпрямлении;

натяжением тяг непосредственно на поддоне.

3.8. Выбор варианта предварительного напряжения зависит от конкретных условий производства и требуемой степени выгиба предварительно напряженного поддона при усилении.

Второй вариант предварительного напряжения рекомендуется главным образом для плоских поддонов, требуемая деформация которых создается при приемлемом весе груза.

Первый вариант предварительного напряжения поддона

3.9. Первый вариант заключается в том, что тяги из арматурной стали класса А-Ш или А-Шв натягивают на специальные силовые балки, число которых соответствует числу тяг (рис.4,а).

Заряженные силовые балки устанавливают над перевернутым (настил внизу) поддоном так, чтобы тяги располагались над продольными балками (рис.4,б).

После приварки тяг к продольным балкам поддона (рис.4,в) производят их обрезку по торцевым сечениям и удаляют силовые б а л к и (рис.4,г).

Поддон, предварительно напряженный за счет тяг, переводят в рабочее положение (рис.4,д), после чего его можно пускать в эксплуа - тацию.

3.10. Тяги приваривают к нижним полкам швеллеров (имеется в виду рабочее положение поддона) по краям двусторонними швами и по длине односторонними швами в шахматном порядке (шаг 800...1000 мм).

Длина швов по краям 150 мм, по длине 100 мм; толщина швов зависит от диаметра тяги.

3.11. При усилении первых 2...3-х поддонов партии необходимо до начала работы провести нивелирование рабочей поверхности каждого поддона согласно "Рекомендациям по методам испытаний форм д л я сборного железобетона" (М., НИИЖБ, 1984). Повторное нивелирование следует выполнить после приварки напряженных тяг с тем, чтобы выявить эффективность усиления и соответствие выгиба расчетным данным.

3.12. Если предварительное напряжение первых поддонов привело к ожидаемым результатам, усиливают всю партию поддонов. В противном

случае корректируют диаметр тяг и (или) их число, и усиление проводят повторно.

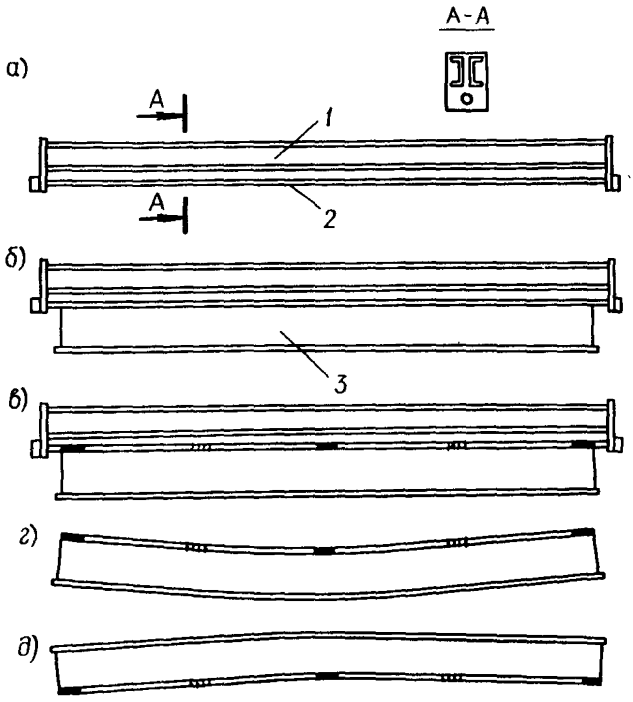


Рис.4. Первый вариант предварительного напряжения поддона
I - силовая балка; 2 - тяга (напряженный стержень); 3 - поддон

3.I3. В тех случаях, когда поддоны одной партии, подлежащие усилению, имеют существенно разный прогиб, рекомендуется их предварительно (до усиления) выправить, используя для этой цели груз, домкраты или огневой способ. После правки все поддоны должны иметь горизонтальную рабочую поверхность или поверхность с примерно одинаковым прогибом.

3.I4. Расчет поддона, предварительно напряженного по первому варианту, включает в себя определение требуемого выгиба, числа и диаметра тяг.

Расчет выполняют в соответствии с пп. 3.30...3.40 настоящих Рекомендаций.

3.I5. Примеры конструктивного решения предварительно напряженных поддонов приведены в прил.2 настоящих Рекомендаций.

Второй вариант предварительного напряжения поддона

3.I6. Второй вариант заключается в том, что поддон, переведенный в положение настилом вниз, устанавливают по краям на две линейные опоры и загружают через металлическую площадку грузом для прогиба конструкции на требуемую величину (рис.5,а).

Примечание. Металлическая площадка должна иметь внизу прорези для пропуска тяг.

3.I7. Требуемый прогиб поддона под грузом обеспечивают двумя средними опорами, смещение которых относительно поперечной оси принимают по конструктивным соображениям, а разность отметок м е ж д у крайними и средними опорами устанавливают расчетом.

3.I8. В качестве груза для деформации поддона можно использовать бетонные или металлические блоки массой 3...5 т, железобетонные плиты и другие изделия. При любом грузе следует обеспечить соприкосновение изогнутого поддона со средними опорами по всей е г о ширине.

3.I9. К продольным балкам поддона, изогнутого на заданную величину, приваривают тяги из арматуры класса А-Ш или А-Шв; число и диаметр тяг определяют расчетом.

Тяги приваривают по краям двусторонними швами, по длине - односторонними швами, располагаемыми в шахматном порядке с шагом 800...I000 мм (рис.5,б).

Длина швов по краям I50 мм, по длине I00 мм; толщина швов зависит от диаметра тяги.

3.20. После снятия груза поддон выпрямляется (рис.5,в), и в тягах возникает предварительное напряжение, обеспечивающее требуемый выгиб конструкции.

Поддон переводят в рабочее положение (рис.5,г), после чего его можно пускать в эксплуатацию.

3.2I. Нивелирование рабочей поверхности первых усиливаемых поддонов до и после предварительного их напряжения необходимо прово-

дить согласно п.3.II настоящих Рекомендаций.

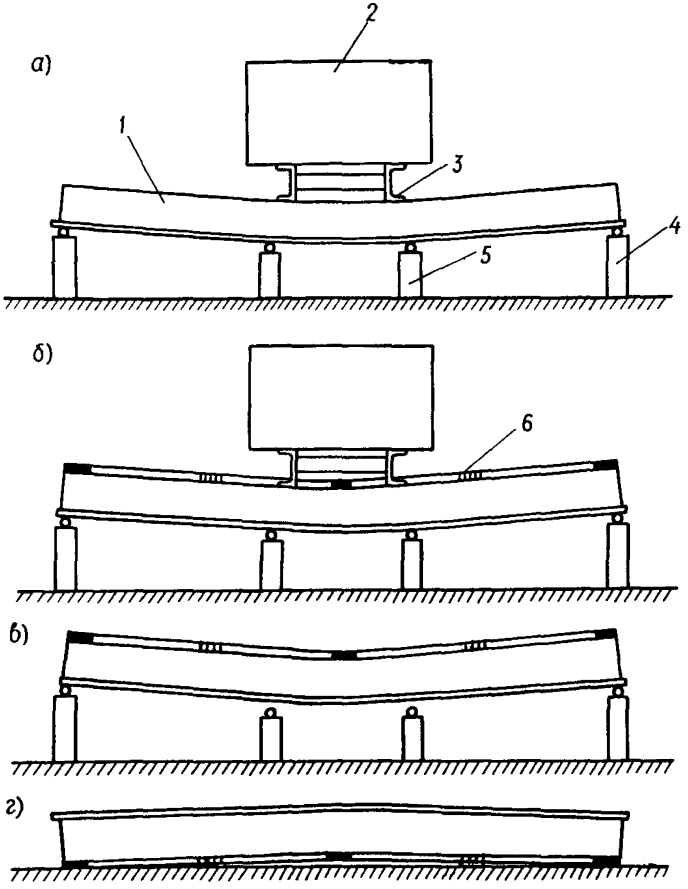


Рис.5. Второй вариант предварительного напряжения поддона
I - поддон; 2 - груз; 3 - металлическая площадка под груз;
4 - крайняя опора; 5 - средняя опора; 6 - тяга

3.22. Расчет поддона, предварительно напряженного по второму варианту, включает в себя определение его выгиба, числа и диаметра тяг

Расчет выполняют в соответствии с пп. 3.41...3.45 настоящих Рекомендаций.

3.23. Примеры конструктивного решения предварительно напряженных поддонов приведены в прил.2 настоящих Рекомендаций.

Третий вариант предварительного напряжения поддона

3.24. Третий вариант предусматривает напряжение тяг, приваренных к поддону с одного края, домкратом или за счет их удлинения при нагреве.

Для напряжения поддон переводит в перевернутое (настилом вниз) положение, на одном торце по оси тяг временно приваривают упоры и на полках продольных балок располагают расчетное число тяг, которые принимают из стали того же класса, что и в первых двух вариантах.

3.25. После приварки тяг с одного края двухсторонними ш в а м и длиной 150 мм производят натяжение тяг с помощью домкрата.

Напряженную тягу приваривают со второго края такими же швами, что и на первом крае. Затем освобождают домкрат, и тягу приваривают по длине односторонними швами длиной 100 мм с шагом 800...1000 мм.

3.26. При последовательном натяжении тяг силу, с которой натягивается каждая очередная тяга, устанавливают расчетом в зависимости от порядкового номера: в связи с деформацией формы тяги, напря - гаемые в первую очередь, натягивают сильнее, чем последующие тяги.

3.27. В тех случаях, когда напряжение в тягах создают благодаря их удлинению при нагреве, на одном конце тяги выполняют нарезку или к нему присоединяют стыковой сваркой коротыш с резьбой. На торец тяги (или коротыша) навинчивают гайку и доводят ее до упора.

Каждую тягу последовательно разогревают на разных участках газовой горелкой, и ее удлинение выбирают вращением гайки. Расчетное удлинение каждой тяги зависит от ее порядкового номера; расчетом предусмотрено, что предварительно тяги полностью выравнены.

3.28. После заданного удлинения тягу приваривают на втором краю и по длине (см.п.3.25 настоящих Рекомендаций). Затем обрезают выступающие части тяг и упоры, если они мешают нормальной эксплуатации поддона.

3.29. Расчет поддона, предварительно напряженного по третьему варианту, выполняют в соответствии с пп. 3.46...3.50 настоящих Рекомендаций.

Расчет поддона, предварительно напряженного по первому варианту

3.30. Расчет усиления поддона выполняют на основе общего метода расчета предварительно напряженных форм, приведенного в "Руководстве по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат,1970), согласно пп. 3.31...3.40 настоящих Рекомендаций.

3.31. По Руководству* подсчитывают жесткость поддона на изгиб. Желательно расчет вести по фактической жесткости поддона на изгиб, определяемой по результатам испытания (см. п.1.5 настоящих Рекомендаций).

3.32. По расчетной или фактической жесткости поддона на изгиб, используя формулы Руководства, определяют прогиб поддона от продольной и вертикальной нагрузок, и на основании этого расчета принимают решение о величине предварительного выгиба, необходимого для полной или частичной компенсации прогиба от расчетных нагрузок.

3.33. При горизонтальной в процессе формования рабочей поверхности поддона минимальную площадь тяг определяют по приближенной формуле

$$F'_т = K_1 N \frac{e}{e'}, \qquad (1)$$

где $K_1$ = 1,4.10$^{-3}$ при $N$ в кгс;

$K_1$ = 14.10$^{-3}$ при $N$ в Н; $N$ – сила натяжения арматуры; $e$ – эксцентриситет приложения силы натяжения арматуры относительно центральной плоскости поддона; $e'$ – расстояние от центральной плоскости до центра тяжести тяг, создающих предварительное напряжение конструкции.

3.34. При рабочей поверхности поддона, прогнутой при формовании, минимальную площадь тяг определяют по приближенной формуле

$$F'_т = K_1 N \frac{e}{e'} \left(1 - \frac{5EJ}{Nel^2}[y]\right), \qquad (2)$$

где $K_1$ = 1,4.10$^{-3}$ при $N$ в кг и $E$ в кгс/см$^2$;

$K_1$ = 14.10$^{-3}$ при $N$ в Н и $E$ в МПа;

$N$, $e$ и $e'$ – см. формулу (1); $J$ – момент инерции поперечного сечения поддона; $l$ – длина поддона; $[y]$ – допускаемый прогиб поддона.

* Здесь и ниже имеется в виду Руководство, упомянутое в п.3.30.

3.35. Число и диаметр тяг принимают из условия, что суммарная площадь их поперечного сечения $F_т$ больше или равна площади $F_т'$, определенной по формуле (I) или (2).

3.36. При принятой площади тяг $F_т$ подсчитывают усилие $P_1$, возникающее в них при натяжении арматуры*.

$$P_1 = \frac{N(ee' - r^2)}{e'^2 + r^2 + m} , \qquad (3)$$

где $m = 1,05\frac{J}{F_т}$; $r = \sqrt{\frac{J}{F}}$; $F$ – площадь поперечного сечения поддона.

3.37. Расчетный момент $M_р$, создаваемый усилиями в арматуре и тягах, равен

$$M_р = Ne - P_1 e' , \qquad (4)$$

а суммарная сила натяжения тяг

$$P = \frac{M_р}{e'} . \qquad (5)$$

Сила натяжения каждой тяги

$$P' = \frac{M_р}{ne'} , \qquad (5')$$

где $n$ – число тяг.

3.38. Напряжение в тягах определяют по формуле

$$\sigma = \frac{N}{F_т} \cdot \frac{e}{e'} . \qquad (6)$$

Это напряжение не рекомендуется принимать больше $10^2$ МПа. Допускается превышение $\sigma$ не более чем на 20 %.

3.39. Выгиб поддона от предварительного напряжения тяг равен

$$y_в = 0,125 \frac{M_р l^2}{\alpha_1 E J} , \qquad (7)$$

где $M_р$ – см. формулу (4); $\alpha_1$ – коэффициент, учитывающий повышение жесткости за счет приварки тяг на части длины поддона.

Коэффициент $\alpha_1$ подсчитывают по формуле (7.2) Руководства; коэффициент $\beta_1$ в этой формуле определяют по табл.2 прил.Ш того же Руководства.

---

* Параметры $P_1$ и $M_р$ более точно можно определять по формулам (6.17) и (6.18) Руководства.

3.40. Если выгиб $y_f$, подсчитанный по формуле (7), оказался больше (меньше) требуемого, соответственно уменьшают (увеличивают) диаметр тяг или изменяют число тяг.

После корректировки площади тяг расчет выполняют повторно.

Расчет поддона, предварительно напряженного по второму способу

3.41. Расчет выполняют так же, как и при предварительном напряжении по первому варианту (см. пп. 3.30...3.40 настоящих Рекомендаций), только $F_T'$ всегда определяют по формуле (2) и дополнительно подсчитывают величины, связанные с необходимостью предварительного прогиба поддона.

3.42. Для создания в тягах расчетного напряжения, определенного по формуле (6), необходимо поддон прогнуть на величину, определяемую по приближенной формуле

$$y = 1,3\left(-1,125e + \sqrt{1,265e'^2 + 0,375\delta Pl}\right), \qquad (8)$$

где 1,3 - коэффициент, учитывающий начальную кривизну тяг на участках между сварными швами; $\delta = \frac{1}{EJ}\left(e'^2 + r^2 + m\right)$;

$m$ и $r$ - см. формулу (3); $P$ - см. формулу (5).

3.43. Для обеспечения заданного прогиба поддона средние опоры следует располагать ниже крайних на величину

$$\Delta = \left(0,75l^2 - b^2\right)\frac{4b}{l^3}y, \qquad (9)$$

где $b$ - см. рис.6; $y$ - см. формулу (8).

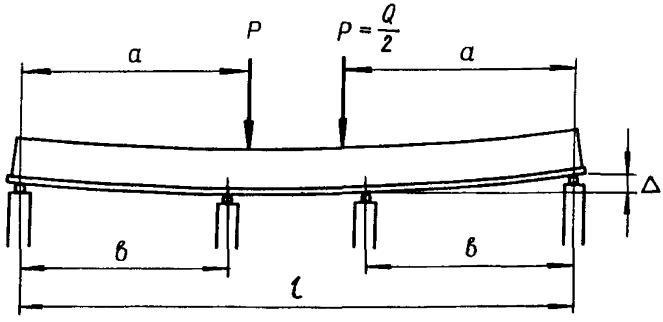


Рис.6. Расчетная схема загружения поддона для создания предварительного напряжения в тягах

3.44. При загружении поддона двумя симметрично расположенными грузами (см.рис.6) требуемый его прогиб создается весом

$$Q = \frac{12EJ}{a} \cdot \frac{y}{0{,}75l^2 - a^2} \quad , \qquad (10)$$

где $a$ - см.рис.6; $y$ - см. формулу (8).

3.45. Вес груза должен быть увеличен, если все или часть поддонов усиливаемой партии имеют начальный прогиб, полученный при изготовлении и (или) эксплуатации.

Суммарный вес груза с учетом начального прогиба подсчитывают по поддону с максимальным $y_{нач}$

$$\Sigma Q = Q \left( 1 + \frac{y_{нач}}{y} \right) , \qquad (11)$$

где $Q$ - см. формулу (10).

Расчет поддона, предварительно напряженного по третьему способу

3.46. Расчет усиления поддона выполняют так же, как и при первом варианте (см. пп. 3.30...3.40 настоящих Рекомендаций).

3.47. Дополнительно подсчитывают потери напряжений в тягах, вызываемые сжатием и изгибом поддона при передаче на него продольной нагрузки $P$. Эти потери, определяемые из условия одновременного натяжения тяг силой, которая фиксируется до деформации поддона, вычисляются по формуле

$$\sigma_п = \left( \frac{1}{F} + \frac{e'^2}{J} \right) P \quad , \qquad (12)$$

где $P$ - см. формулу (5); $F, J$ и $e'$ - см. формулы (1)...(3).

3.48. При последовательном напряжении тяг, когда сила $P'$ определена по формуле (5'), сила натяжения $i$-й тяги равна

$$P_i = P' + \sigma_п F_т \frac{n - i}{n^2} \quad , \qquad (13)$$

где $\sigma_п$ - см. формулу (12); $i$ - порядковый номер тяги; $n$ - число тяг.

3.49. При натяжении тяг за счет их удлинения при нагреве подсчитывают сближение торцов поддона на уровне оси тяг, вызываемое

сжатием и изгибом поддона при передаче на него продольной нагрузки $P$

$$\varepsilon_n = \left(\frac{1}{F} + \frac{e'^2}{J}\right)\frac{Pl}{E_т} \quad , \tag{I4}$$

где $l$ - длина поддона; $E_т$ - модуль упругости тяги.

3.50. Расчетное удлинение $i$ -й тяги, подсчитанное из условия, что сила натяжения в ней равна $P'$, определяют по формуле

$$\varepsilon'_i = \frac{P'l}{F_т E_т} + \varepsilon_n \frac{n-i}{n} \quad , \tag{I5}$$

где $\varepsilon_n$ - см. формулу (I4).

## 4. УВЕЛИЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПОДДОНОВ НА КРУЧЕНИЕ

4.1. Уменьшение кручения поддонов при эксплуатации может быть достигнуто тремя способами:

переводом поддона на трехточечное опирание;

приваркой раскосов из уголков в уровне нижних полок швеллеров;

преобразованием открытого сечения поддона в замкнутое с помощью нижней обшивки.

4.2. Перевод поддона на трехточечное опирание рекомендуется как эффективный способ снижения деформаций, не требующий дополнительного расхода стали и затрат труда на усиление конструкции.

Поддоны, эксплуатируемые по технологии с немедленным распалубливанием, равно как и формы, рассмотренные в разд.2 настоящих Рекомендаций, должны опираться в трех точках, если для реализации этой рациональной схемы опирания нет противопоказаний технологического или конструктивного порядка.

4.3. Положения, приведенные в пп. 2.6...2.24 настоящих Рекомендаций применительно к переводу форм на трехточечное опирание, в равной степени относятся к поддонам, рассматриваемым в данном разделе.

4.4. Другие способы повышения жесткости поддона на кручение, перечисленные в п.4.I, описаны ниже.

Приварка раскосов из уголков

4.5. Раскосы из уголков, привариваемые в уровне нижней полки швеллеров, следует располагать таким образом, чтобы при минимальном числе раскосов обеспечить наибольший эффект повышения жесткости на кручение.

4.6. Для выполнения условия п.4.5 раскосы необходимо располагать во всех ячейках крайних рядов, а в пределах остальной площади поддона раскосы должны образовывать перекрестные диагональные связи (рис.7).

Примечание. Связи, образуемые раскосами из уголков, должны соответствовать схемам решетки, приведенным в "Рекомендациях по расчету и конструированию поддонов с раскосной решеткой" (М., НИИЖБ, 1982).

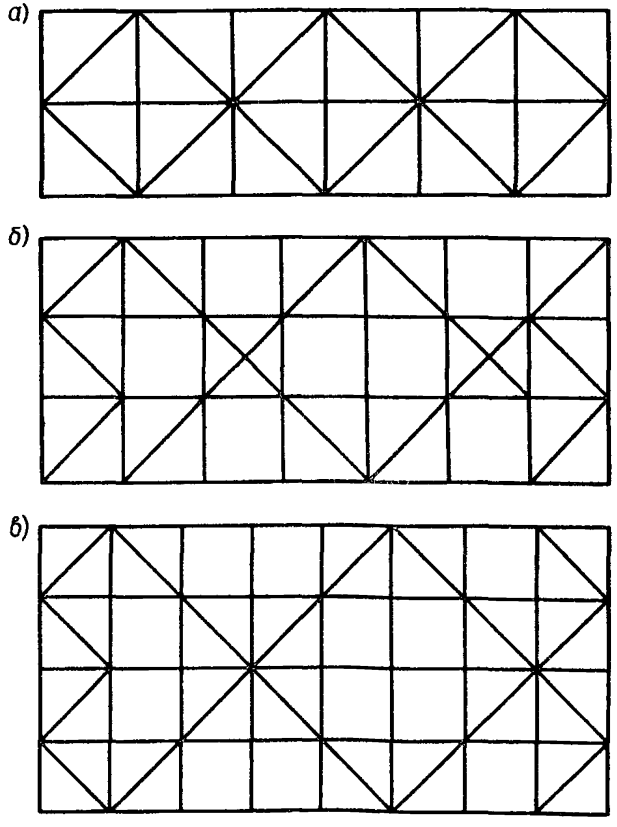


Рис.7. Схемы размещения раскосов из уголков

а - при одной внутренней продольной балке; б - то же, двух; в - то же, трех

4.7. Раскосы выполняют из уголков № 5...7,5, реже из уголков бо́льших номеров, так как увеличение площади поперечного сечения уголка не приводит к заметному повышению жесткости конструкции на кручение.

4.8. В ячейке, в которую попадают два раскоса (см. схему на рис.7,б), чтобы исключить взаимную врезку уголков, разрешается при небольших размерах ячейки один раскос выполнять из полосовой стали, а при ячейке площадью порядка 0,5 $м^2$ и больше рекомендуется приварить лист толщиной 4...5 мм.

В листе, замыкающем сечения поддона в пределах ячейки, следует вырезать круглое отверстие, площадь которого должна составлять не менее 30 % площади ячейки.

4.9. Раскосы из уголков следует приваривать к балкам рамы поддона швами, обеспечивающими надежное соединение деталей в условиях вибрации.

При необходимости увеличения длины швов рекомендуется вырезать вертикальную полку раскоса в пределах участка его опирания на нижнюю полку швеллера.

4.10. Чтобы уменьшить деформацию конструкции, приварку раскосов следует вести от середины к краям. С этой же целью желательно приваривать раскосы к поддону, предварительно нагруженному блоками.

Если при усилении первого поддона раскосами деформации от сварки не превышают допускаемой величины, то по той же технологии рекомендуется приваривать раскосы из уголков к поддонам всей партии.

4.11. Расчет поддона, усиленного раскосами из уголков, включает в себя определение прогиба свободного угла при диагональном опира - нии, характеризующего жесткость конструкции на кручение.

Расчет выполняют в соответствии с пп. 4.19...4.23 настоящих Рекомендаций.

Преобразование поперечного сечения поддона

4.12. Замыкание поперечного сечения поддона нижней обшивкой, создающей замкнутое сечение, рекомендуется в тех случаях, к о г - усиление с помощью раскосов, привариваемых в уровне нижних полок швеллеров, по тем или иным причинам не может быть выполнено.

4.13. Рассматриваемый способ рекомендуется также для усиления поддонов шириной более 2,5 м, если постановка раскосов из уголков не обеспечивает требуемый уровень снижения деформаций кручения.

4.I4. Нижнюю обшивку, привариваемую для снижения деформативности, выполняют из листа толщиной 4...5 мм; при этом в обшивке в пределах каждой ячейки необходимо вырезать круглое отверстие, площадь которого должна быть не менее 30 % площади ячейки (рис.8).

Примечание. В ячейке, длина которой превышает ширину в два и более раз, разрешается вырезать два круглых отверстия или одно эллипсовидное отверстие площадью не менее 30 % площади ячейки.

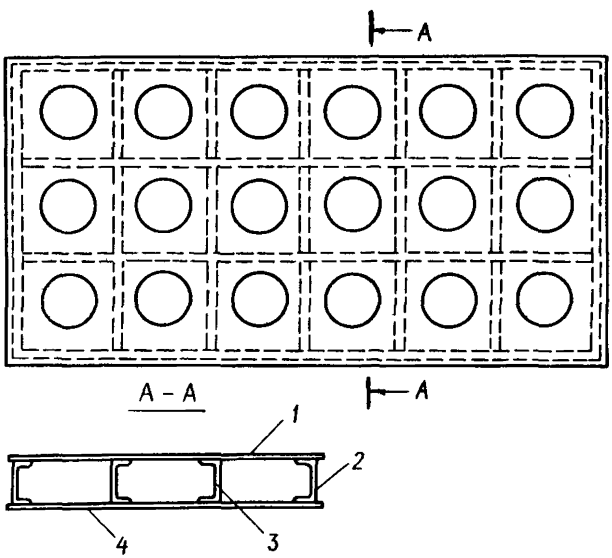


Рис.8. План (вид снизу) и сечение поддона с нижней обшивкой
I - настил; 2 - наружная балка; 3 - внутренняя балка;
4 - обшивка

4.I5. Обшивку, преобразующую поперечное сечение поддона, следует выполнять из целого листа или нескольких частей; стык частей обшивки должен располагаться на балках рамы поддона.

4.I6. Целый лист приваривают по контуру к наружным балкам рамы прерывистыми швами и с помощью электрозаклепок - к внутренним продольным и поперечным балкам. Части обшивки приваривают по контуру к балкам, на которые они опираются, и дополнительно, когда часть обшивки перекрывает две и более ячеек, предусматривает крепление электрозаклепками.

4.17. Швы, крепящие нижнюю обшивку, принимают по ГОСТ 25878-85.

4.18. Расчет поддона, усиленного нижней обшивкой, включает в себя определение прогиба свободного угла при диагональном опирании, характеризующего жесткость конструкции на кручение.

Расчет выполняют в соответствии с пп. 4.24...4.28 настоящих Рекомендаций.

Расчет поддона с раскосами из уголков

4.19. Расчет усиления поддона выполняют на основе "Рекомендаций по расчету и конструированию поддонов с раскосной решеткой" (М., НИИМБ, 1982) в соответствии с пп. 4.20...4.23 настоящих Рекомендаций

4.20. Момент инерции на кручение плоского поддона с раскосами из уголков определяют по формуле

$$J_к = 0{,}5\,\alpha\, n\, F_р\, h^2 \quad , \qquad (16)$$

где $\alpha$ - коэффициент, зависящий от угла наклона раскосов (рис.9);

$n$ - число раскосов, попадающих в поперечное сечение; $F_р$ - площадь поперечного сечения уголка; $h$ - высота балок.

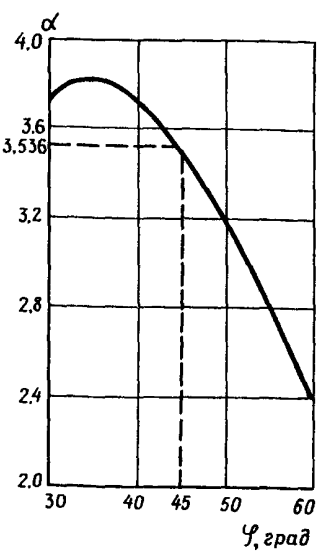


Рис.9. Значения коэффициента $\alpha$

4.21. Момент инерции на кручение поддона с поперечным сечением сложного очертания определяют по формуле

$$J_к = \frac{4\omega^2 \delta_c}{S'} , \qquad (17)$$

где $\omega$ – площадь, ограниченная средней линией; $\delta_c$ – средняя толщина контура; $S'$ – приведенный параметр средней линии.

$$\delta_c = \frac{\Sigma \delta_i s_i}{\Sigma s_i} ;$$

$$S' = \sum \frac{\delta_c}{\delta_i} s_i ,$$

где $\delta_i$ и $s_i$ – соответственно толщина и длина $i$ -го элемента контура.

4.22. Средняя линия, ограничивающая $\omega$ снизу, совмещается с нижней полкой раскосов из уголков.

Толщину нижней обшивки, к которой приводят раскосы при работе на кручение и по которой подсчитывают входящие в формулу (17) параметры $\delta_c$ и $S'$, определяют по формуле

$$\delta_н = 0{,}5 \alpha' n F_р \frac{1}{b} , \qquad (18)$$

где $\alpha'$ – коэффициент, зависящий от угла наклона раскосов (рис.10); $n$ и $F_р$ – см. формулу (16); $b$ – ширина поддона.

4.23. Прогиб свободного угла поддона при диагональном опирании, характеризующий жесткость конструкции на кручение, подсчитывают по формуле

$$y_д = \Omega \frac{Q b^3}{C} , \qquad (19)$$

где $\Omega$ – коэффициент, определяемый по пп. 4.2 и 4.3 Рекомендаций*;
$Q$ – вес поддона и изделия; $C$ – жесткость на кручение
$C = G J_к$ ;
$G$ – модуль сдвига; $J_к$ – подсчитывают по формуле (16) или (17).

---

* См. ссылку в п.4.19 настоящих Рекомендаций.

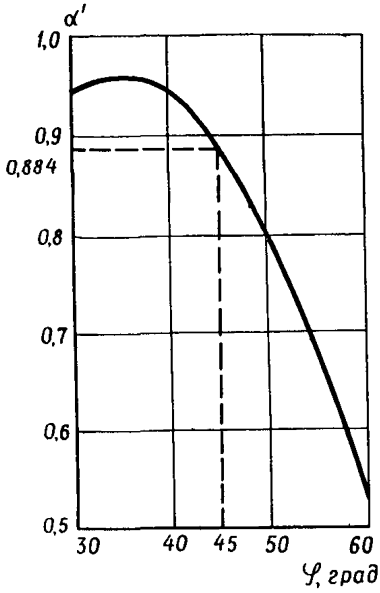


Рис.10. Значения коэффициента $\alpha'$

Расчет поддона замкнутого сечения

4.24. Расчет усиления поддона выполняют на основе "Руководства по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, 1970) в соответствии с пп. 4.25...4.28 настоящих Рекомендаций.

4.25. Момент инерции на кручение плоского поддона с нижней обшивкой определяют по формуле

$$J_к = \frac{4 s_1 s_2 \delta_1}{1 + \frac{\delta_1}{\delta'_н} + 2 \frac{s_2}{s_1} \cdot \frac{\delta_1}{\delta_2}}, \qquad (20)$$

где $s_1$ и $s_2$ – ширина и высота профиля в осях (рис.11,а); $\delta_1$ и $\delta_2$ – соответствующие им толщины листа; $\delta'_н$ – приведенная толщина нижнего листа с отверстиями.

$$\delta'_н = к \delta_н , \qquad (21)$$

где $к$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от площади отверстий (табл.2); $\delta_н$ – толщина листа обшивки.

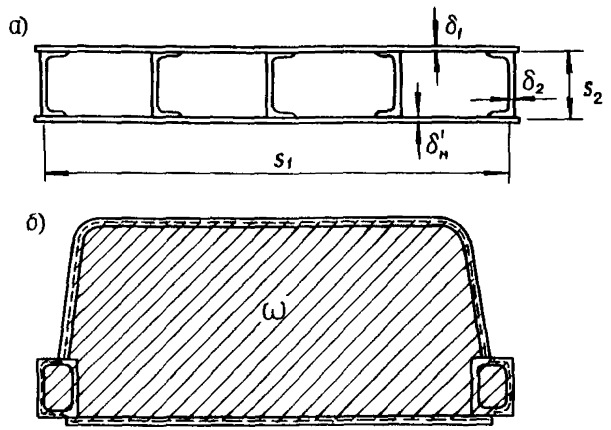


Рис.II. Расчетные схемы для определения момента инерции на кручение

а - плоского поддона; б - поддона сложного очертания (Площадь, ограниченная средней линией, заштрихована)

Таблица 2. Значения коэффициента $K$

| Коэффициент | Значения коэффициента $K$ при суммарной площади отверстий, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I5 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| $K$ | 0,88 | 0,77 | 0,69 | 0,55 | 0,46 | 0,35 |

4.26. Момент инерции на кручение поддона с поперечным сечением сложного очертания определяют по формуле (I7).

4.27. Средняя линия, ограничивающая площадь поддона сложного очертания $\omega$ снизу (рис.II,б), совмещается с серединой нижней обшивки.

Приведенную толщину листа нижней обшивки определяют по формуле (2I).

4.28. Прогиб свободного угла поддона при диагональном опирании, характеризующий жесткость конструкции на кручение, подсчитывают по формуле (6.3) Руководства (см. п.4.24 настоящих Рекомендаций).

Момент инерции на кручение, входящий в эту формулу, для плоского поддона подсчитывают по формуле (20), а поддона с поперечным сечением сложного очертания - по формуле (I7).

## 5. УСИЛЕНИЕ БОРТОВ

5.I. Снижение деформативности бортов при работе на изгиб с кручением может быть достигнуто:

приваркой откидного борта к поддону;

изменением положения оси шарниров;

преобразованием поперечного сечения борта;

увеличением ширины борта.

5.2. Прогиб борта, приваренного к поддону, от нагрузки, возникающей при вибрационном, виброударном или ударном уплотнении бетонной смеси, существенно меньше деформации откидного борта, поэтому рекомендуется борт приваривать, если это не препятствует свободному извлечению изделия из формы.

5.3. Снижение деформативности борта может быть достигнуто благодаря смещению оси шарниров к борту по высоте (насколько это возможно по конструктивным и технологическим соображениям) и в горизонтальном направлении (рис.I2). При этом следует учесть, что смещение оси шарниров по горизонтали сказывается на деформации только открытого сечения и что такое смещение увеличивает усилие, которое нужно прикладывать, чтобы откинуть борт.

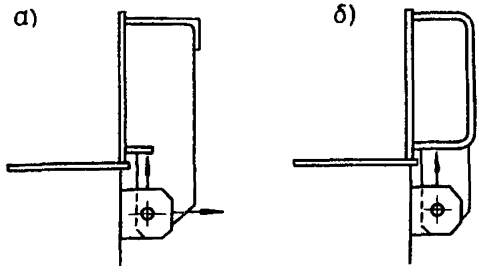


Рис.I2. Рекомендуемые направления смещения оси шарниров (показаны стрелками)
а - для борта открытого сечения; б - то же, замкнутого

5.4. Преобразование открытого сечения борта в замкнутое (рис. I3,а) позволяет многократно снизить его деформации при незначительном увеличении массы борта, и такое усиление рассматривается к а к основной способ снижения деформативности бортов открытого сечения.

5.5. Увеличение габарита борта открытого сечения за счет ширины верхней полки (рис.I3,б) также приводит к существенному снижению его деформативности. Этот способ рекомендуется, если увеличение соответствующего размера формы не приводит к осложнениям технологиче-

ского плана, а способ усиления по п.5.4 не может быть использован.

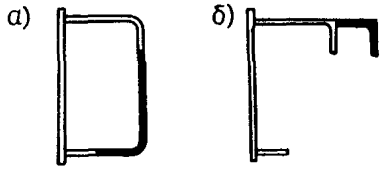


Рис.I3. Способы снижения деформативности борта открытого сечения
а – замыканием сечения; б – увеличением ширины верхней полки
(Элементы усиления затемнены)

5.6. Увеличение габарита борта замкнутого сечения по ширине благодаря приварке гнутого равнополочного швеллера (рис.I4,а) является основным способом усиления бортов рассматриваемого типа, если увеличение соответствующего размера формы не приводит к осложнениям технологического плана.

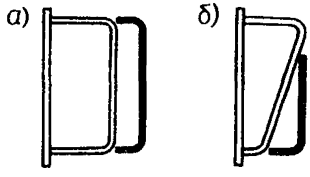


Рис.I4. Способы снижения деформативности борта замкнутого сечения
а – увеличением ширины борта;
б – полным использованием габарита по ширине
(Элементы усиления затемнены)

5.7. Эффект снижения деформативности борта замкнутого сечения достигается также полным использованием его габарита (рис.I4,б). Увеличение рабочей площади борта позволяет при минимальных затратах стали добиться примерно двухкратного уменьшения прогиба.

5.8. Способы усиления, рассмотренные в пп. 5.3...5.7 настоящих Рекомендаций, в отдельных случаях сочетаются для повышения эффекта проводимой работы; например, смещение оси шарниров по вертикали и горизонтали может выступать и как дополнение к любому другому способу снижения деформативности борта.

5.9. Эффективность усиления по пп. 5.3...5.7 возможно установить расчетом согласно "Руководству по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, I970) и проверить экспериментально (см. п.I.5 настоящих Рекомендаций).

## 6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.I. При усилении форм, поддонов и бортов должны выполняться требования системы стандартов ССБТ, инструкций и документов, разработанных и утвержденных в установленном порядке.

6.2. Усиление поддонов, связанное с предварительным их напряжением с помощью тяг, которые приваривают в напряженном состоянии, следует проводить в соответствии с требованиями, предъявляемыми к операциям по натяжению предварительно напряженной арматуры железобетонных изделий.

6.3. Силовые балки, в которых фиксируют в напряженном состоянии тяги, должны быть оборудованы ограждающими устройствами для защиты обслуживающего персонала в случае обрыва тяг.

6.4. Силовые балки в заряженном состоянии не разрешается транспортировать краном на высоте более I м.

Участок, на котором проводят зарядку силовых балок, должен по возможности быть приближен к месту усиления поддона.

Примечание. При электротермическом натяжении силовую балку разрешается транспортировать только после полного остывания тяги.

6.5. Приварку напряженных стержней к поддону должен проводить сварщик, аттестованный в соответствии с Правилами аттестации сварщиков, утвержденными Госгортехнадзором СССР.

6.6. Усиление поддонов, при котором производят приварку тяг к деформированной с помощью груза конструкции, следует выполнять с использованием металлической загрузочной площадки шириной не менее I м и длиной, равной ширине поддона.

Металлическая площадка должна опираться на все продольные балки поддона, если наружные и внутренние балки выполнены из швеллеров одного номера. В противном случае в местах расположения швеллеров меньшего номера ставят деревянные прокладки.

6.7. Груз, устанавливаемый на металлической площадке, должен иметь правильную геометрическую форму и располагаться на площадке симметрично относительно ее продольной и поперечной осей.

## ПРИМЕРЫ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ФОРМ И ФОРМ-ВАГОНЕТОК ПРИ ТРЕХТОЧЕЧНОМ ОПИРАНИИ

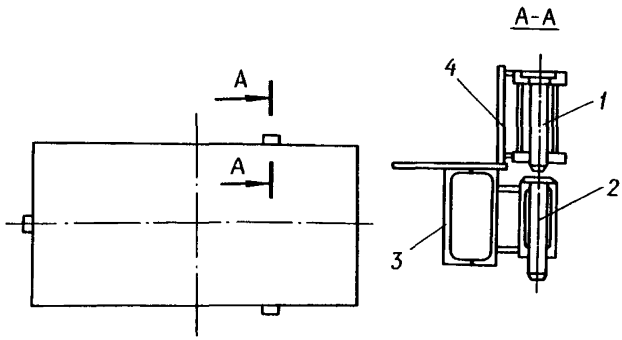


Рис.I5. Форма с тремя разрезными опорными стойками
I - стойка борта; 2 - стойка поддона; 3 - поддон; 4 - борт

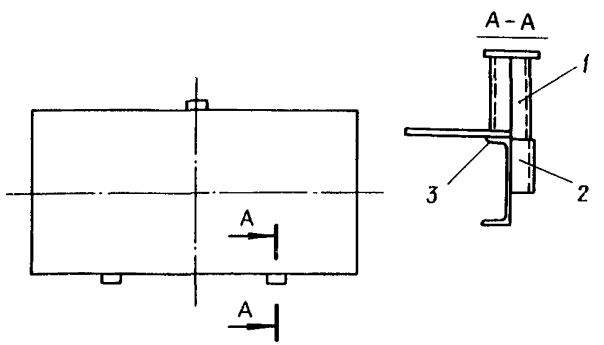


Рис.I6. Поддон с тремя съемными опорными стойками
I - съемная стойка; 2 - скоба под стойку; 3 - поддон

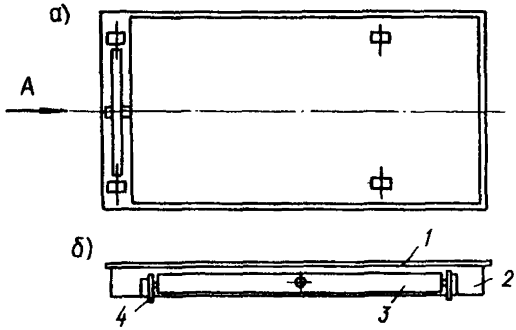


Рис.17. Форма-вагонетка с консольной качающейся балкой
а - план (вид снизу); б - вид по стрелке А;
1 - настил поддона; 2 - рама; 3 - качающаяся балка;
4 - колесо
(Бортоснастка условно не показана)

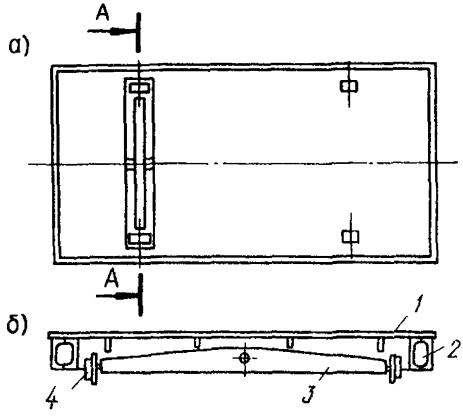


Рис.18. Форма-вагонетка с качающейся балкой, смещенной к поперечной оси (вариант с колеей, меньшей ширины поддона, и качающейся балкой переменного сечения)
а - план (вид снизу); б - вид по сечению А-А;
1...4 - см. рис.17
(Бортоснастка условно не показана)

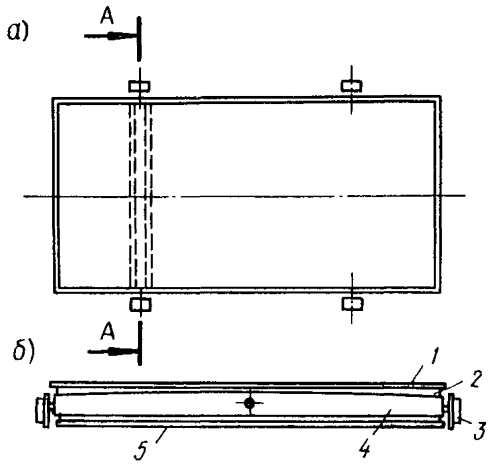


**Рис.19. Форма-вагонетка с качающейся балкой, смещенной к поперечной оси (вариант с колесами, выступающими за габарит поддона по ширине, и приваренным в месте расположения балки внизу листом)**

**а - план (вид снизу); б - вид по сечению А-А;**

I - настил поддона; 2 - рама; 3 - колесо; 4 - качающа балка; 5 - нижний лист

(Бортоснастка условно не показана)

Приложение 2

## ПРИМЕРЫ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПОДДОНОВ, УСИЛЕННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

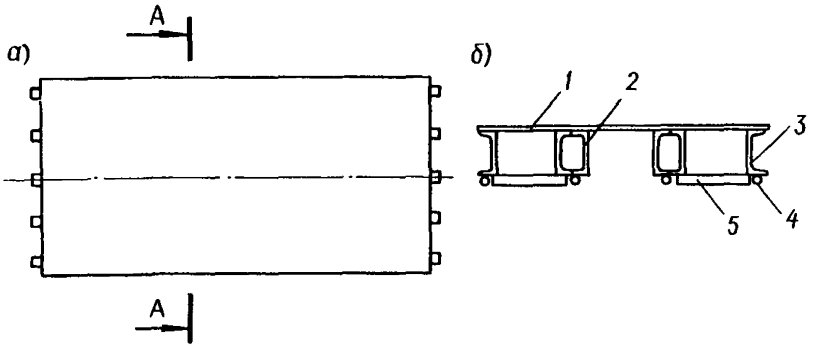


Рис.20. Поддон для изготовления многопустотных панелей
а - план; б - вид по сечению А-А;
1 - настил; 2 - балка продольная внутренняя; 3 - то же, наружная; 4 - тяга; 5 - плита подмагнитная

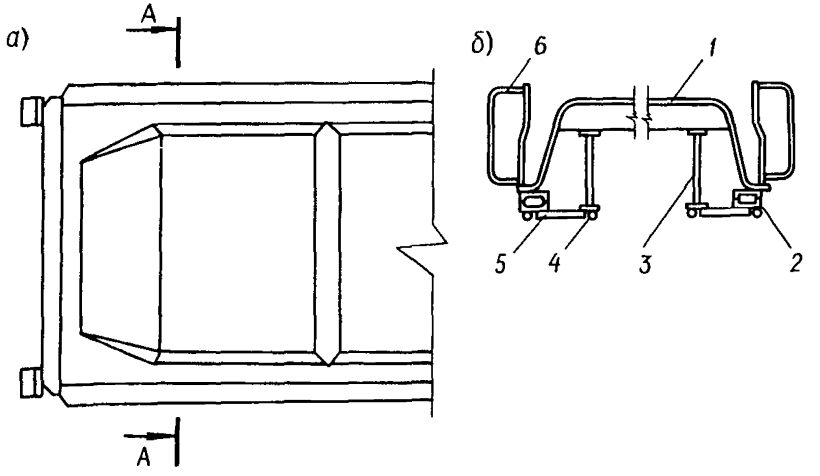


Рис.21. Форма для изготовления плит покрытия (фрагмент)
а - план; б - вид по сечению А-А ;
1 - кессон; 2 - балка наружная; 3 - то же, внутренняя; 4 - тяга; 5 - плита подмагнитная; 6 - борт

Приложение 3

## ПРИМЕРЫ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ПОДДОНОВ, УСИЛЕННЫХ НА КРУЧЕНИЕ

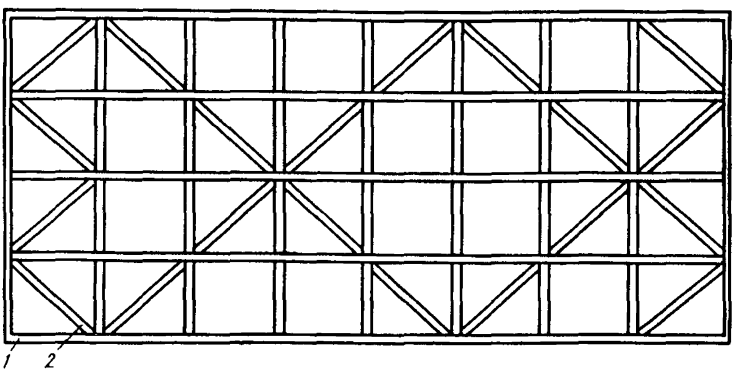


Рис.22. Поддон, усиленный раскосами из уголка при нечетном числе пр льных балок (вид снизу)

1 - рама поддона; 2 - уголок

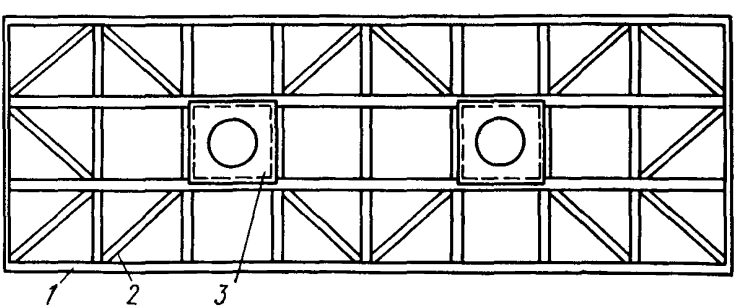


Рис.23. Поддон, усиленный раскосами из уголка при четном числе продольных балок (вид снизу)

1 - рама поддона; 2 - уголок; 3 - лист с отверстием

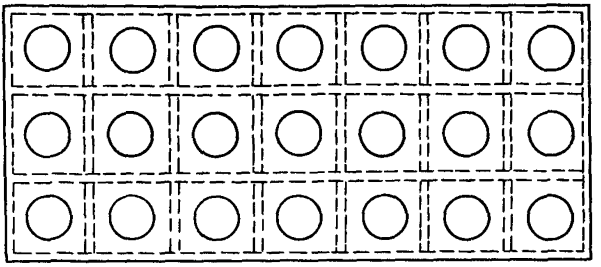

Рис.24. Поддон, усиленный нижней обшивкой (вид снизу)

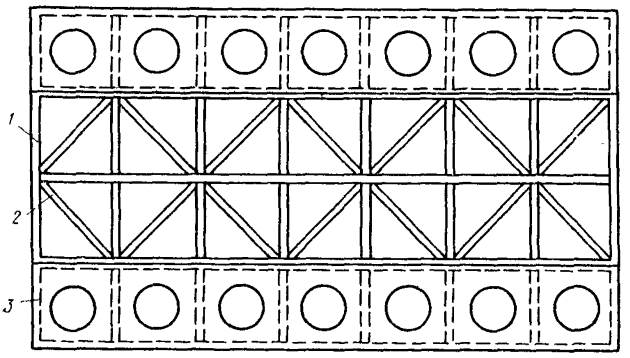


Рис.25. Поддон при комбинированном усилении (вид снизу)
1 - рама поддона; 2 - уголок; 3 - лист с отверстиями

## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ ПОДДОНОВ

Пример I. Поддон формы, рассчитанный в примере А Руководства* (рис.26), подлежит усилению в связи с необходимостью изготовления в форме панелей с более мощной предварительно напряженной арматурой. Новое значение $N$ = 21800 кгс (218000 Н), что в I,3 раза превышает силу, на которую рассчитан поддон.

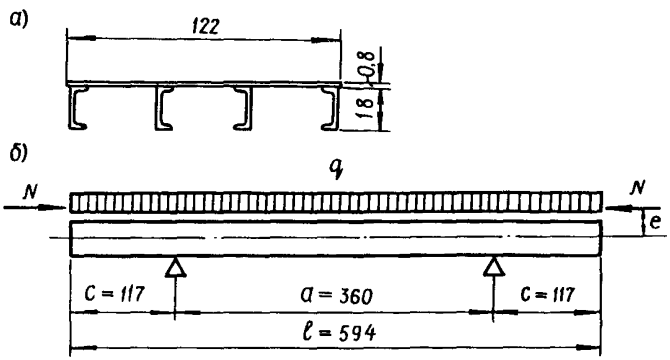


Рис.26. Поддон формы
а - сечение; б - расчетная схема

Геометрические характеристики поддона:

площадь поперечного сечения $F$ = 180,4 см$^2$;

расстояние центра тяжести сечения от оси, проходящей через середину швеллеров, $e_x$ = 5,I см;

момент инерции поперечного сечения поддона $J$ = 8316 см$^4$;

эксцентриситет приложения силы натяжения арматуры относительно центральной плоскости сечения $e$ = (9,8 - 5,I) + 2,7 = 7,4 см.

В соответствии с п.3.3I настоящих Рекомендаций определяем прогиб поддона от расчетных нагрузок по формуле (6.I) Руководства

---

* Здесь и ниже имеется в виду "Руководство по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, I970).

$$y = \frac{0{,}125 \cdot 21800 \cdot 7{,}4 \cdot 594^2 + 0{,}0102 \cdot 6{,}63 \cdot 360^4}{168{,}7 \cdot 10^8} = 0{,}49 \text{ см}.$$

Считаем, что при формовании рабочая поверхность поддона не должна прогибаться более чем на $[y] = 0{,}2$ см. Следовательно, выгиб поддона от предварительного напряжения должен составлять не менее чем $y_б = 0{,}49 - 0{,}2 = 0{,}29$ см.

По формуле ( 2 ) настоящих Рекомендаций подсчитываем $F_т'$ при тягах диаметром 20 мм; в этом случае, принимая $d_н = 23$ мм, расстояние от центральной плоскости до центра тяжести тяг равно

$$e' = 5{,}1 + 9 + 1{,}15 = 15{,}25 \text{ см};$$

$$F_т' = 1{,}4 \cdot 21800 \quad \frac{7{,}4}{15{,}25} \left( 1 - \frac{5 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 8316}{21800 \cdot 7{,}4 \cdot 594^2} 0{,}2 \right) = 10{,}25 \text{ см}^2.$$

Принимаем 4Ø 20 мм, $F_т = 4 \cdot 3{,}14 = 12{,}56$ см$^2$.

Для подсчета усилия $p_t$ по формуле (3) предварительно определяем

$$m = 1{,}05 \frac{8316}{12{,}56} = 695{,}2 \text{ см}^2$$

и

$$r = \sqrt{\frac{8316}{180{,}4}} = 6{,}79 \text{ см},$$

$$p_t = \frac{21800 \, (7{,}4 \cdot 15{,}25 - 6{,}79^2)}{15{,}25^2 + 6{,}79^2 + 695{,}2} = 1494 \text{ кгс } (14940 \text{ Н}).$$

Расчетный момент по формуле (4) равен

$$M_p = 21800 \cdot 7{,}4 - 1494 \cdot 15{,}25 = 138536 \text{ кгс} \cdot \text{см } (1385360 \text{ Н.см}).$$

Суммарная сила натяжения тяг по формуле (5) равна

$$p = \frac{138536}{15{,}25} = 9084 \text{ кгс } (90840 \text{ Н}).$$

Сила натяжения каждой тяги по формуле (5′) равна

$$p' = \frac{138536}{4 \cdot 15{,}25} = 2271 \text{ кгс } (22710 \text{ Н}).$$

Напряжение в тягах по формуле (6) равно

$$\sigma = \frac{21800}{12{,}56} \cdot \frac{7{,}4}{15{,}25} = 842 \text{ кгс/см}^2 \ (84{,}2 \text{ МПа}).$$

Выгиб поддона от предварительного напряжения подсчитывают с учетом повышенной жесткости поддона с приваренными на ч а с т и

длины тягами.

Момент инерции поддона в сечении, где приварены тяги (в этом сечении $e_x$ = 4,1 см), равен

$$J_1 = 8316 + 180{,}4 \cdot 4{,}1^2 + 12{,}56\ (10{,}15 + 4{,}1)^2 = 11687{,}1\ \text{см}^4.$$

При семи сварных швах по длине поддона $\beta_1 = 0{,}158$ (по табл. 2 прил.III Руководства) и

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 - 0{,}158\ (1 - \frac{4{,}1}{5{,}1} \cdot \frac{8316}{11687{,}1})} = 1{,}07.$$

Тогда выгиб поддона по формуле (7) равен

$$y_\delta = 0{,}125\ \frac{138536 \cdot 594^2}{1{,}07 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 8316} = 0{,}33\ \text{см},$$

что близко к требуемому.

Пример 2. Поддон, рассчитанный в примере I, подлежит усилению для ликвидации прогиба, полученного в процессе эксплуатации, и обеспечения упругой работы конструкции. Для решения этих задач достаточен выгиб $y_\delta$ = 0,2 см.

Геометрические характеристики поддона см. пример I.

Принимая те же тяги по числу и диаметру, что и в примере I, и используя полученные данные, дополнительно определяем $y$, $\Delta$ и $\Sigma Q$.

Требуемый прогиб определяем по формуле (8), для чего предварительно определяем

$$\delta = \frac{594}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 8316}\ (15{,}25^2 + 6{,}79^2 + 695{,}2) = 0{,}331 \cdot 10^{-4};$$

$$= 1{,}3\ (-1{,}125 \cdot 15{,}25 + \sqrt{1{,}265 \cdot 15{,}25^2 + 0{,}375 \cdot 0{,}331 \cdot 10^{-4} \cdot 9084 \cdot 594} = 2{,}4\ \text{см}.$$

Смещение отметки средних опор относительно крайних опор (рис.27) по формуле (9) равно

$$\Delta = (0{,}75 \cdot 584^2 - 190^2)\ \frac{4 \cdot 190}{584^3}\ 2{,}4 = 2\ \text{см}.$$

Силу $Q$, необходимую для прогиба поддона на величину $y$, подсчитывают по формуле (10)

$$Q = \frac{12 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 8316}{242} \cdot \frac{2{,}4}{0{,}75 \cdot 584^2 - 242^2} = 10527\ \text{кгс}\ (105270\ \text{Н}).$$

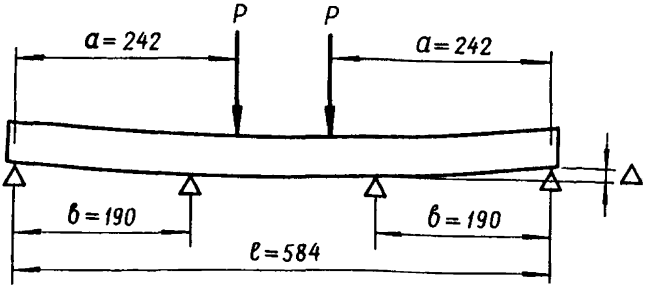


Рис.27. Схема загружения и деформирования поддона

С учетом того, что отдельные поддоны имеют начальный прогиб до 0,6 см, суммарный вес груза по формуле (II) равен

$$\Sigma Q = 10527\ (1 + \frac{0,6}{2,4}) = 13158 \text{ кгс } (131580 \text{ Н}).$$

Пример 3. Поддон, рассмотренный в примере I, напрягают тягами по третьему способу (вариант натяжения тяг с помощью домкрата).

При исходных данных и результатах расчета, приведенных в примере I, дополнительно подсчитываем $\sigma_n$ и $P'_i$

Потери напряжений по формуле (I2) равны

$$\sigma_n = (\frac{1}{180,4} + \frac{15,25^2}{8316})\ 9084 = 304,7 \text{ кгс/см}^2.$$

Сила натяжения каждой последовательно напрягаемой тяги по формуле (I3) равна

$$P'_1 = 2271 + 304,7 \cdot 12,56\ \frac{4-1}{4^2} = 2988,5 \text{ кгс } (29885 \text{ Н});$$

$$P'_2 = 2271 + 304,7 \cdot 12,56\ \frac{4-2}{4^2} = 2749,4 \text{ кгс } (27494 \text{ Н});$$

$$P'_3 = 2271 + 304,7 \cdot 12,45\ \frac{4-3}{4^2} = 2510,3 \text{ кгс } (25103 \text{ Н});$$

$$P'_4 = 2271 \text{ кгс } (22710 \text{ Н}).$$

Пример 4. Поддон, рассмотренный в примере I, напрягают тягами по третьему способу (вариант натяжения за счет удлинения тяг п р и нагреве).

При исходных данных и результатах расчета, приведенных в примере I, дополнительно подсчитываем $\varepsilon_n$ и $\varepsilon_i'$.

Сближение торцов поддона по формуле (I4) равно

$$\varepsilon_n = \left(\frac{I}{I80,4} + \frac{I5,25^2}{8316}\right) \frac{9084 \cdot 594}{2 \cdot I0^6} = 0,09 \text{ см}.$$

Расчетное удлинение каждой последовательно напрягаемой тяги по формуле (I5) равно

$$\varepsilon_1' = \frac{2271\ 594}{3,I4.2.I0^6} + 0,09\frac{4-I}{4} = 0,215 + 0,0657 = 0,282 \text{ см};$$

$$\varepsilon_2' = 0,215 + 0,09\frac{4-2}{4} = 0,26 \text{ см};$$

$$\varepsilon_3' = 0,215 + 0,09\frac{4-3}{4} = 0,244 \text{ см};$$

$$\varepsilon_4' = 0,215 \text{ см}.$$

Пример 5. Поддон формы, рассмотренный в примере I, для повышения жесткости на кручение усилен равнополочными уголками № 7, расположенными в уровне нижних полок швеллеров по схеме рис.28. Площадь поперечного сечения одного уголка равна 6,86 $см^2$; угол наклона раскосов к поперечному сечению $\alpha = 50^\circ$; момент инерции поддона на изгиб $J = 8316$ $см^4$ (см.пример I).

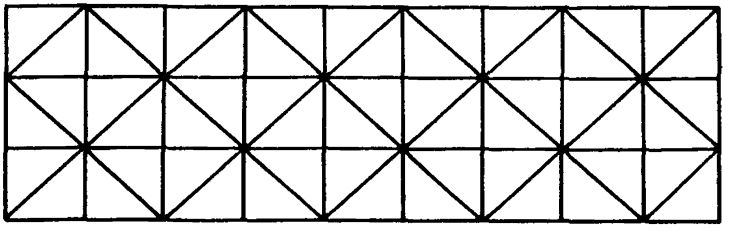

Рис.28. Схема расположения раскосов из уголков в усиленном поддоне

По формуле (16) настоящих Рекомендаций определяем момент инерции усиленного поддона на кручение

$$J_к = 0,5 \cdot 3,2 \cdot 3 \cdot 6,85 \cdot 18^2 = 10653 \text{ см}^4.$$

Для определения прогиба свободного угла поддона при диагональном опирании подсчитывают по формуле (5) Рекомендаций * коэффициент $\Omega$ при $\gamma = \frac{122}{360} = 0,338$ и $\xi = \frac{117}{360} = 0,325$

$$n = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 10653}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 8316} = 0,49;$$

$\tau = 0,703$ (см. Рекомендации, табл.2);

$\bar{\psi} = 0,076$ (там же, табл.3);

$r = 1,064$ (там же, табл.4);

$$\Omega = 0,703 \ (1 + 0,076 \cdot 0,49) \ 1,064 = 0,775.$$

Прогиб свободного угла поддона по формуле (19) настоящих Рекомендаций при $C = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 10653 = 0,852 \cdot 10^{10}$ кгс·см$^2$ равен

$$y_g = 0,775 \ \frac{4065 \cdot 122^3}{0,852 \cdot 10^{10}} = 0,67 \text{ см},$$

что вполне допустимо, если учесть, что прогиб неусиленного поддона в несколько раз больше.

Пример 6. Поддон формы, рассчитанный в примере А Руководства**, для повышения жесткости на кручение усилен нижним листом толщиной 4 мм с отверстиями в каждой ячейке площадью 33 % от площади листа.

Определяем момент инерции усиленного поддона на кручение по формуле (20) настоящих Рекомендаций при $s_1 = 119,5$ см, $s_2 = 18,6$ см (рис.29) и $\delta_н' = 0,496 \cdot 0,4 = 0,2$ см / см.формулу (21) /

$$J_к = \frac{4 \cdot 119,5 \cdot 18,6^2 \cdot 0,8}{1 + \frac{0,8}{0,2} + 2 \frac{18,5}{119,5} \cdot \frac{0,8}{0,5}} = 23817 \text{ см}^4.$$

Для определения $y_g$ по формуле (6.3) Руководства предварительно подсчитывают момент инерции на изгиб поддона замкнутого профиля, который при $\delta_н' = 0,2$ см равен $J = 12641$ см$^4$.

---

* Здесь и ниже имеются в виду "Рекомендации по расчету и конструированию поддонов с раскосной решеткой" (М., НИИЖБ, 1982).

** Здесь и ниже имеется в виду "Руководство по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, 1970).

Тогда

$$n = \frac{0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 23817}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 12641} = 0{,}7$$

и при $\gamma = \frac{122}{360} = 0{,}338$ и $\zeta = \frac{117}{360} = 0{,}325$

$\tau' = 0{,}703$ (см. Руководство, табл.2);
$\bar{\psi} = 0{,}076$ (там же, табл.4);
$\Omega = 0{,}703 \ (1 + 0{,}076 \cdot 0{,}7) \ (1 + 0{,}325) = 1{,}01$ .

По формуле (6.3) Руководства при суммарной вертикальной нагрузке $Q = 4065 + 221 = 4286$ кгс и

$$C = 0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 23817 = 1{,}9 \cdot 10^{10} \text{ кгс}\cdot\text{см}^2 \ (19 \cdot 10^{10} \text{ Н}.\text{см}^2)$$

$$y_g = 1{,}01 \frac{4286 \cdot 122^3}{1{,}9 \cdot 10^{10}} = 0{,}41 \text{ см},$$

что в 1,63 раза меньше, чем при усилении поддона раскосами из уголков (см. пример 5).

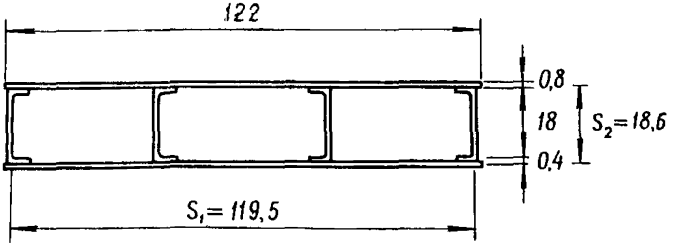


Рис.29. Расчетное сечение поддона с нижней обшивкой

## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА УСИЛЕНИЯ БОРТОВ

Пример I. Борт открытого сечения, рассчитанный в примере А Руководства* (рис.30,а), подлежит усилению для снижения его деформативности. Усиление предусматривает замыкание профиля с помощью листа толщиной 6 мм (рис.30,б). Для борта, расчетное сечение которого приведено на рис.3I (для упрощения расчета толщина верхней и нижней полок принята равной 6 мм), момент инерции при свободном кручении определяем по формуле (3) прил.УП Руководства

$$J_к = \frac{4 \cdot 12{,}6^2 \cdot 19{,}4^2}{\frac{2 \cdot 12{,}6 + 19{,}4}{0{,}6} + \frac{19{,}4}{0{,}8}} = 2524{,}5 \text{ см}^4.$$

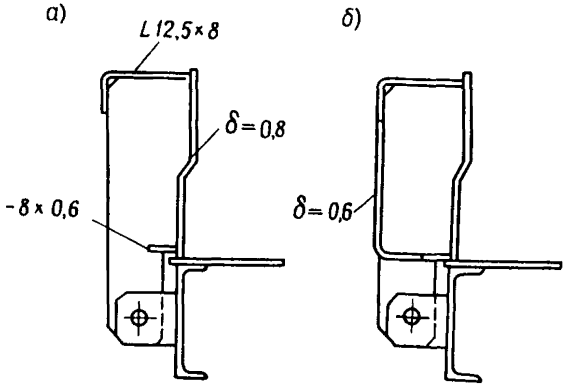


Рис.30. Усиление борта замыканием сечения
а - исходное сечение; б - то же, усиленное

Учитывая сварку листов прерывистым швом, в расчетную формулу вводим величину

$$J_к = 0{,}85 \cdot 2524{,}5 = 2060{,}8 \text{ см}^4.$$

При исходных данных, подсчитанных в примере А Руководства для борта замкнутого профиля, прогиб усиленного борта на уровне его

* Здесь и ниже имеется в виду "Руководство по расчету и проектированию стальных форм" (М., Стройиздат, 1970).

верха по формуле (8.3) Руководства равен

$$\bar{y} = 0{,}128 \frac{5{,}32 \cdot 586^2}{0{,}8 \cdot 10^6 \cdot 2060{,}8} \cdot 17{,}7 \cdot (22 + 8) = 0{,}075 \text{ см},$$

что свидетельствует об эффективности усиления (для борта открытого сечения, представленного на рис.30,а, $\bar{y}$ = 1,59 см - см. пример А Руководства).

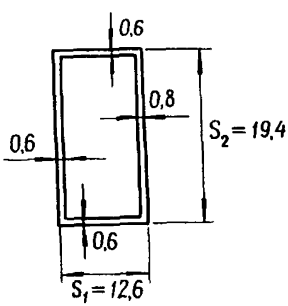


Рис.31. Расчетное сечение усиленного борта

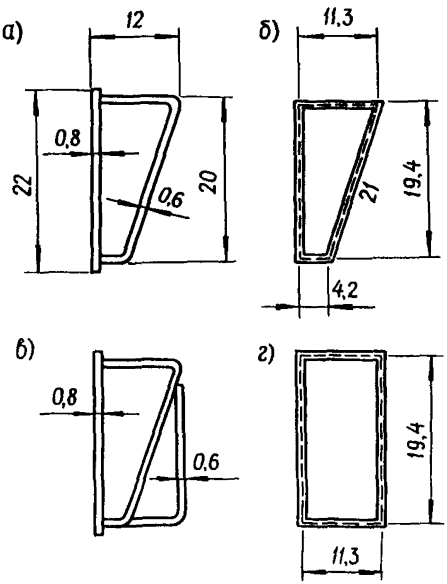


Рис.32. Усиление борта за счет полного использования габарита по ширине

а - исходное сечение; б - то же, расчетное; в - усиленное сечение; г - то же, расчетное

Пример 2. Снижение деформативности борта замкнутого сечения, рассчитанного в примере А Руководства, обеспечивается смещением оси шарниров вверх на 25 мм. При таком смещении $h_1$ = 6,5 см, $r'$ = = 15,2 см и прогиб борта, равный при исходном положении шарниров

$\bar{y}$ = 0,103, уменьшается до

$$\bar{y} = 0{,}103\ \frac{15{,}2\ \ (22 + 6{,}5)}{17{,}7\ \ (22 + 8)} = 0{,}084 \text{ см},$$

т.е. прогиб снижается в 1,23 раза.

Пример 3. Требуется определить эффект от полного использования габарита борта по ширине. Момент инерции на кручение борта, подлежащего усилению и показанного на рис.32,а, подсчитывают по формуле (1) прил.УП Руководства.

Сначала определяют (см.рис.32,б)

$$\omega = 19{,}4\ \frac{11{,}3 + 4{,}2}{2} = 150{,}35 \text{ см}^2;$$

$$\delta_c = \frac{0{,}6\ \ (11{,}3 + 20{,}6 + 4{,}2) + 0{,}8 \cdot 19{,}4}{11{,}3 + 20{,}6 + 4{,}2 + 19{,}4} = 0{,}67 \text{ см};$$

$$s' = \frac{0{,}67}{0{,}6}\ (11{,}3 + 20{,}6 + 4{,}2) + \frac{0{,}67}{0{,}8}\ 19{,}4 = 56{,}56 \text{ см};$$

$$J_к = \frac{4 \cdot 150{,}35^2 \cdot 0{,}67}{56{,}56} = 1071{,}1 \text{ см}^4.$$

Момент инерции борта, усиленного гнутым неравнополочным уголком толщиной 6 мм (рис.32,в), определяем по формуле (3) того же приложения при $s_1$ = 11,3 см и $s_2$ = 19,4 см (рис.32,г).

$$J_к = \frac{4 \cdot 11{,}3^2 \cdot 19{,}4^2}{2 \cdot 11{,}3 + 19{,}4 + \frac{19{,}4}{0{,}8}} = 3105 \text{ см}^4.$$

Таким образом, при рациональном сечении момент инерции борта повышается в 2,9 раза и соответственно во столько же раз снижается деформативность борта.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие ..... 3
I. Общие положения .... ..... 4
2. Снижение деформативности форм ..... 5
3. Усиление поддонов при работе на изгиб .. ..... I2
4. Увеличение жесткости поддонов на кручение ..... 22
5. Усиление бортов ..... 30
6. Требования безопасности ..... 32
Приложение I. Примеры конструктивного решения форм и форм-вагонеток при трехточечном опирании ..... 33
Приложение 2. Примеры конструктивного решения поддонов, усиленных предварительным напряжением ..... 36
Приложение 3. Примеры конструктивного решения поддонов, усиленных на кручение ..... 37
Приложение 4. Примеры расчета усиления поддонов .....39
Приложение 5. Примеры расчета усиления бортов ..... 46

Рекомендации по усилению форм на заводах
сборного железобетона

Научный редактор И.М.Дробященко

Отдел научно-технической информации НИИЖБ
109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Н.А.Романова

Л - 85164 Подписано в печать 11.02.87 Заказ № 221
Формат 60x84/16. Ротапринт. Усл.кр.-отт.3,0 Уч.-изд.л.3,0
Тираж - 1000 экз. Цена 45 коп.

Типография ПЭМ ВНИИИС Госстроя СССР
121471, Москва, Можайское шоссе, д.25

gost.e-ecolog.ru