

ПОДКРАНОВЫЕ ПУТИ

РАСПОЛОЖЕНИЕ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ И ИХ ОСНОВНЫЕ ТИПЫ

Колея подкрановых путей определяется в зависимости от типов кранов; наиболее часто применяют краны с порталами, перекрывающими два железнодорожных пути, с шириной колеи 10,5 м.

Прикордонные краны желательно размещать по возможности ближе к кордону. Поэтому с учетом наличия швартовых тумб и необходимости соблюдения безопасного расстояния между корпусом судна и конструкцией портала крана, расстояние от линии кордона до ближайшей к ней нитки подкранового пути принимают 2,2 м для речных портов и 3,2 м для морских.

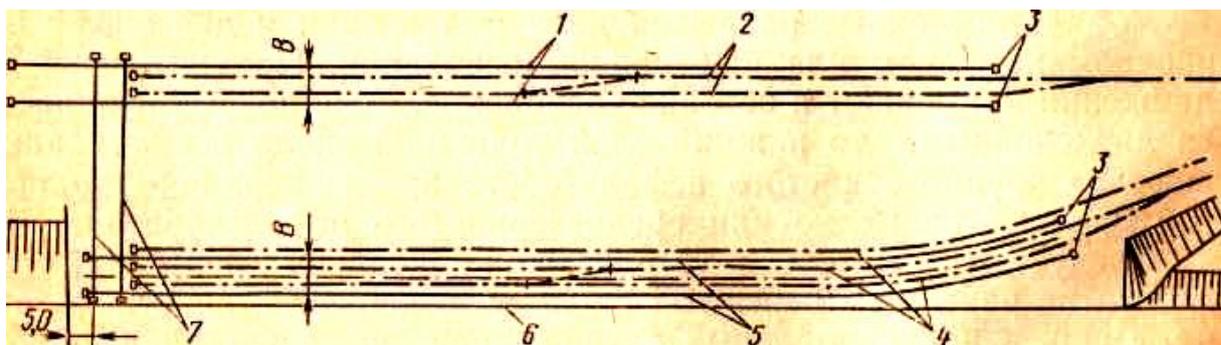


Рис. 179. Схема размещения подкрановых путей на причалах:

- 1 — тыловой подкрановый путь; 2 — оси тыловых железнодорожных путей;
- 3 — концевые упоры; 4 — оси прикордонных железнодорожных путей;
- 5 — прикордонный подкрановый путь; 6 — линия кордона;
- 7 — перегонный подкрановый путь; В — ширина колеи

В конце группы причалов располагают перегонный подкрановый путь, обеспечивающий возможность перемещения кранов с кордона в тыловую часть и обратно. Ширина колеи перегонного пути определяется базой порталных кранов. При устройстве непрерывного подкранового пути на смежных причалах с ломаной линией кордона или при подходе под порталные краны железнодорожных путей под углом на конечных причалах допускаются криволинейные участки подкрановых путей с радиусом закругления не менее 200 м. Длина криволинейного участка пути определяется из условия достаточного перекрытия палубы судна при максимальном вылете стрелы крана. Каждая нитка подкрановых путей имеет специальный концевой упор, ограничивающий перемещение кранов.

По условиям техники безопасности все рельсы подкрановых путей заземляют. С этой целью все стыки рельсов перекрывают перемычками и присоединяют рельсы к специальному контуру заземления.

Основные типы подкрановых путей.

ГОСТ Р 51248-99. Пути наземные рельсовые крановые

Параметры	Предельная величина отклонения при	
	устройстве	эксплуатации
Продольный и поперечный уклоны рельсового пути*	Не более 0,004	Не более 0,01

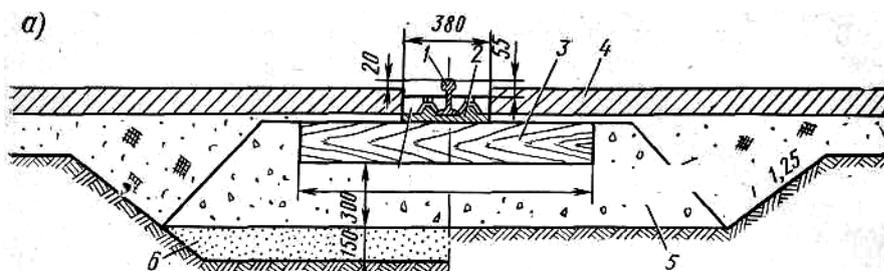
Колея рельсового пути	± 10 мм от номинального размера	± 15 мм от номинального размера
Прямолинейность рельсового пути на участке длиной 10 м для кранов:		
с жесткими ходовыми рамами	Не более 15 мм	Не более 20 мм
с балансирными тележками	Не более 20 мм	Не более 25 мм

Если в процессе эксплуатации эти величины будут превышены, то должны немедленно выполняться соответствующие ремонтные работы.

Применяемые в портостроении подкрановые пути бывают временные и постоянные. К временным относятся конструкции, содержащие деревянные элементы (шпалы, сваи). Постоянные конструкции выполняются из железобетона.

По конструктивному признаку различают три типа подкрановых путей: на шпалах, на ленточных фундаментах, на сваях.

Подкрановые пути на шпалах. Подкрановые пути на деревянных шпалах ввиду своей относительно меньшей стоимости, по сравнению с другими типами, получили весьма большое распространение. Рельсовые пути на шпалах укладывают по щебеночному балласту, под который при слабых грунтах делают подсыпку из крупнозернистого песка. Чем большую жесткость имеет рельс, тем на большее число шпал распределяется давление от катка крана.



1 — рельс Р-50; 2 — подкладка; 3 — шпала; 4 — покрытие; 5 — щебеночный балласт; 6 — подушка из крупнозернистого песка;

Для обеспечения прохода реборд колес крана и для крепления противоугонных крановых захватов прирельсовые лотки, заполняемые асфальтобетоном, заглубляют на 30—35 мм по отношению к поверхности примыкающего покрытия территории, а верхнюю плоскость головки рельса располагают на 20 мм выше отметки покрытия.

Срок службы деревянных шпал невелик и изменяется в зависимости от местных условий в пределах от 5 до 12 лет. Поэтому применять такие подкрановые пути следует только как временные.

Подкрановые пути на железобетонных шпалах аналогичны путям на деревянных шпалах.

Шпалы делают с обычной или с предварительно напряженной арматурой. Рельсы прикрепляют к шпалам при помощи закладных клеммных болтов.

Срок службы железобетонных шпал исчисляется десятками лет, а поэтому подкрановые пути на таких шпалах можно отнести к капитальным. Однако при увеличении долговечности сохраняется второй основной недостаток пути на шпалах. Даже при стабилизированных грунтах в процессе эксплуатации накапливаются остаточные осадки, вызывающие необходимость подъема пути и подбивки шпал с добавлением балласта. Кроме того, при каждом таком ремонте понадобится вскрывать покрытие территории в прилегающей к путям зоне.

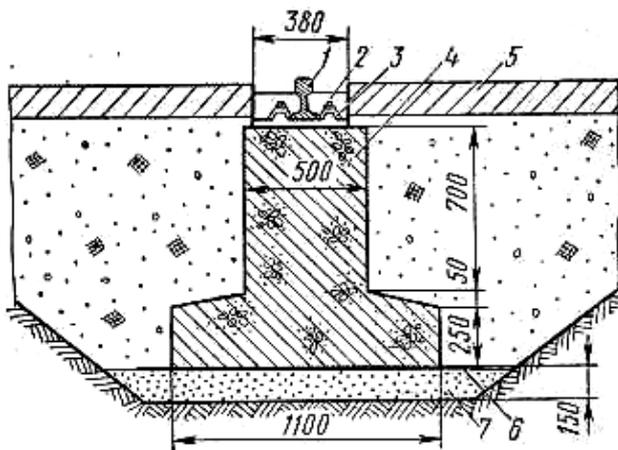
Подкрановые пути на ленточных железобетонных балках. Подкрановые пути на ленточных железобетонных балках строят в тех случаях, когда осадки грунтов стабилизировались.

Недостатки - стоимость почти в два раза выше, чем шпально-балластных подкрановых путей.

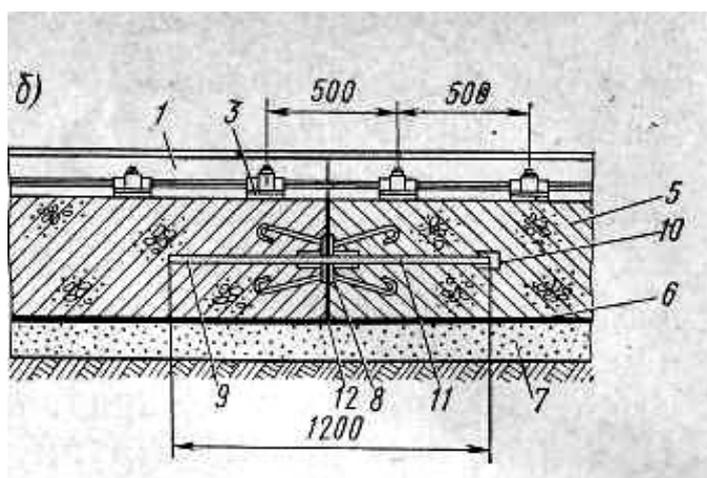
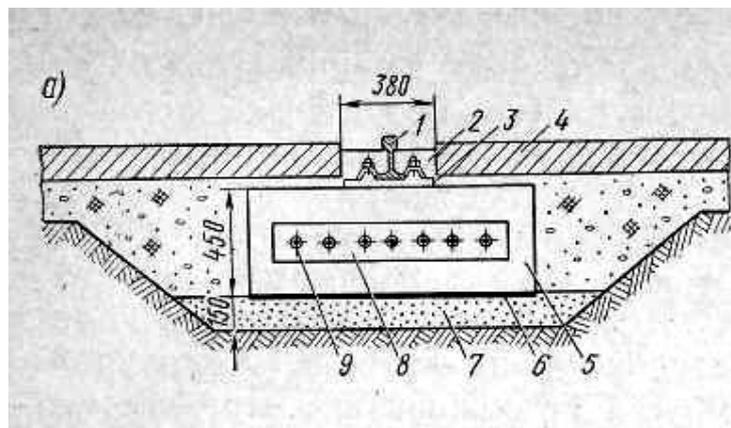
Преимущества - удобство эксплуатации, отсутствие неравномерных осадок и почти полное отсутствие каких-либо ремонтных работ.

Поэтому, когда по геологическим условиям возможно применение подкрановых путей на ленточных железобетонных балках, то им следует отдавать предпочтение.

Ленточные подкрановые балки делают в виде плит или тавровых балок. Подкрановые балки в виде железобетонных плит применяют для более легких кранов. Они представляют собой монолитные железобетонные ленты, уложенные на подготовку из крупнозернистого песка.



Применение сборных балок нежелательно ввиду большого числа стыков, между ними. Конструкция стыка должна обеспечивать совместную работу стыкуемых элементов балок при установке крана на концевом участке одного из них. Несколько мощных стержней прочно заделывают наполовину их длины в конец одной из балок. Перед бетонированием смежной балки незаделанные части стержней обмазывают битумом и на их концы надевают колпачки с войлочными пробками, благодаря чему обеспечивается отсутствие связи между стержнями и бетоном. Во избежание выкрашивания бетона каждая балка имеет по концам стыковые стальные планки. Перед бетонированием второй балки в шов закладывают деревянную доску толщиной 2 см. Впоследствии верхнюю часть шва заполняют битумной мастикой.



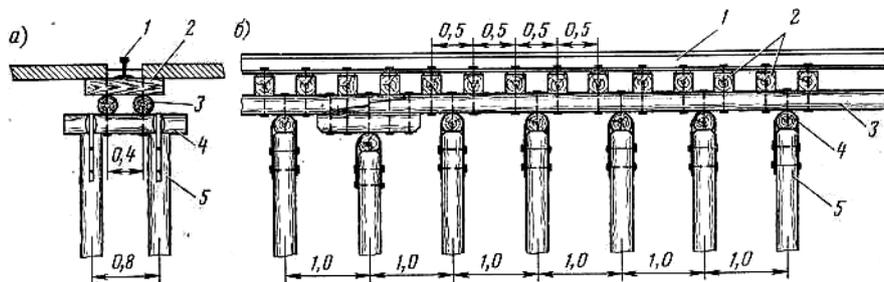
а) разрез по стыку; б) продольный разрез:

1 – рельс Р50; 2 – асфальтобетон; 3 – подкладка; 4 – покрытие; 5 – железобетонная плита; 6 – слой рубероида; 7 – песчаная подушка; 8 – закладные элементы стыка; 9 – стыковочный стержень; 10 – колпачек; 11 – обмазка битумом; 12 – доска

Железобетонные балки подкрановых путей работают в условиях более или менее постоянного температурного режима. Поэтому расстояние между стыками может быть принято до 30—40 м.

Подкрановые пути на сваях. Если слабы грунты основания или недопустима передача нагрузок от кранов на основную конструкцию причалов, то применяют подкрановые пути на сваях. Приходится переходить на свайную конструкцию и в том случае, когда подкрановые пути необходимо расположить на откосе или пересечь ими траншеи.

В качестве временных конструкций (ввиду малого срока службы древесины) можно применять подкрановые пути на деревянных сваях.

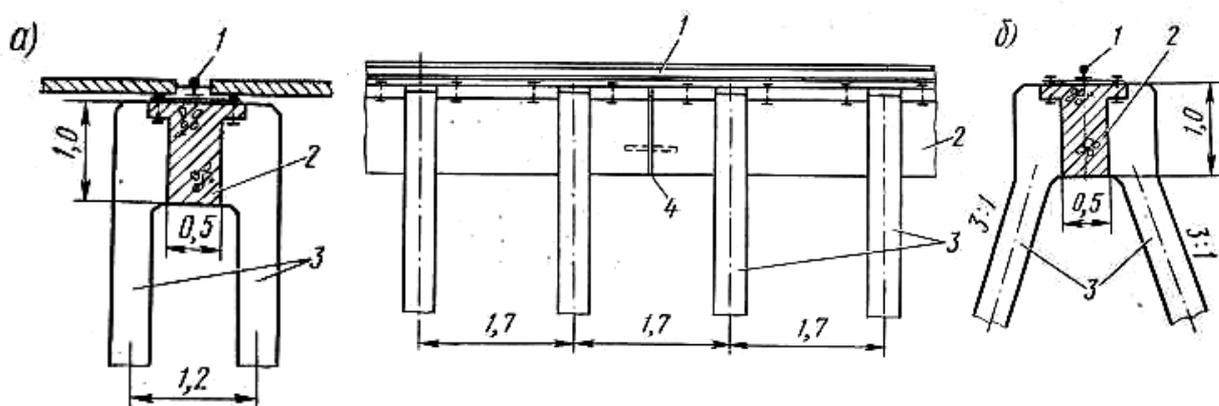


1 - рельс Р-50; 2 - шпалы; 3 - прогон; 4 - насадка; 5 - деревянные сваи

Однако необходимость близкого размещения шпал (около 0,5 м) и невозможность забивки свай в продольном направлении на таком расстоянии приводит к сложной многоярусной конструкции, состоящей из свайных опор, насадок, прогонов и шпал. Расстояние между свайными опорами принимают равным удвоенному шагу шпал, что позволяет добиться одинаковой упругой податливости каждой опоры и избежать перегрузки отдельных шпал при движении крана.

Специфика работы конструкции — поперечное смятие древесины в контактах между отдельными ее элементами — не позволяет применять ее для тяжелых кранов с давлением на каток более 20 тс. Это еще более сужает область применения подкрановых путей на деревянных сваях.

Поэтому при необходимости применения свай подкрановые пути чаще устраивают на железобетонных сваях, несмотря на их относительную дороговизну. В этом случае пути представляют собой железобетонные балки таврового или прямоугольного сечения, монолитно соединенные с вертикальными парными железобетонными опорами.



а - на вертикальных сваях; б - на наклонных сваях; 1 - рельс Р-50; 2 - железобетонная тавровая балка; 3 - железобетонные сваи; 4 - температурный стык балки.

Применение однорядных свай не может быть рекомендовано ввиду неизбежных больших отклонений голов свай от оси пути при забивке. При размещении свай на откосе или в случае возможности появления значительных горизонтальных усилий, сваи забивают с уклоном F 3:1. Железобетонные балки лучше делать тавровыми, так как при этом облегчается устройство рельсового крепления. Стык балок в температурных швах аналогично, как и у ленточных железобетонных балок на естественном основании.

Крепление рельс к железобетонным балкам может быть отдельным или при помощи глухих закладных анкерных болтов. В последнем случае, ввиду неизбежной неточности установки закладных частей при бетонировании, рекомендуется в верхней части балки оставлять незабетонированные гнезда, что позволяет выправить положение болта при укладке рельс. Сами подкладки предпочтительно делать с продолговатыми пазами для болтов, так как в этом случае необходимая рихтовка выполняется без каких-либо затруднений.

На концах балок устраивают концевые упоры, монолитно связанные с основной конструкцией.

Расчет подкрановых путей

Расчетная нагрузка.

Для подкрановых путей расчетной нагрузкой является вертикальное давление катков кранов.

Рассматривают два случая:

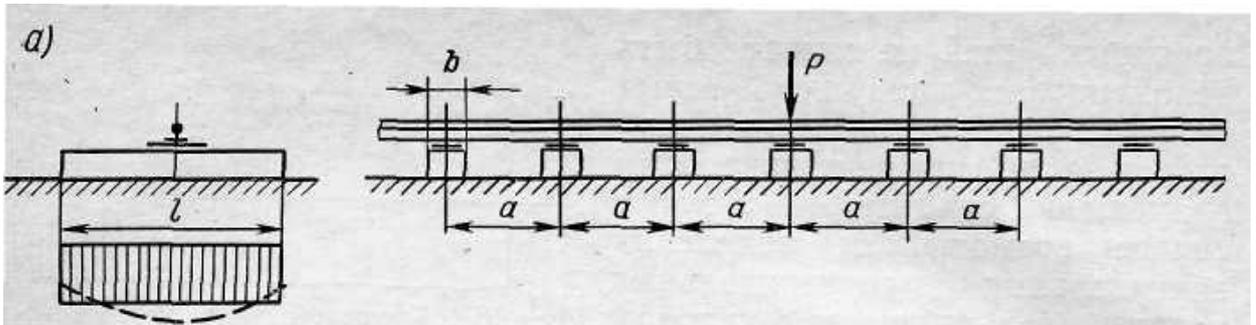
- 1) кран в работе
- 2) кран не работает при действии ураганного ветра.

При расчете подкрановых путей рассматривают возможность установки двух кранов рядом при наибольших возможных нагрузках от катков.

Все подкрановые пути, имеют некоторую податливость под действием нагрузок и представляют собой балки на упругом основании или на упруго податливых опорах.

Расчет подкранового пути на шпально-балластном основании.

Схема подкранового пути на шпально-балластном основании



Такой подкрановый путь может рассчитываться в продольном направлении как балка на упругих опорах, а в поперечном направлении - как короткая балка на упругом основании.

Для расчета подкранового пути на шпальном основании воспользуемся гипотезой Винклера, связывающей давления и осадки балок на упругом основании:

$$P = ky,$$

где P - давление;

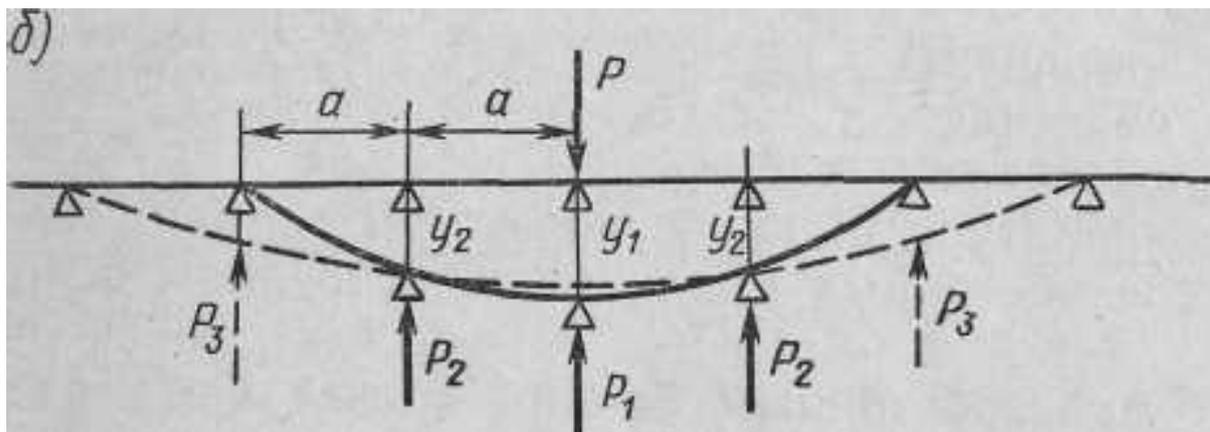
y - осадка;

k - коэффициент постели основания.

Если предположить, что давление от катка, благодаря жесткости рельса, будет распределяться на три шпалы, то

$$P = P_1 + 2P_2, \quad (1)$$

где P_1 и P_2 — реакции опор (шпал).



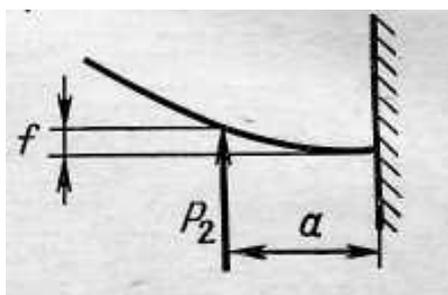
Пользуясь гипотезой Винклера, можно записать в предположении равномерного распределения давления под шпалой

$$y_i = \frac{P_i}{klb}$$

Так как ввиду гибкости шпал давление под ними будет неравномерным, то введем приближенный коэффициент α , равный 0,9 для деревянных и 0,95 для железобетонных шпал. Тогда разность осадок смежных шпал запишется в виде

$$y_1 - y_2 = (P_1 - P_2) \frac{1}{klb\alpha}$$

Учитывая симметричность схемы, можно связать эту разность осадок с прогибом рельса:



$$y_1 - y_2 = f = \frac{P_2 \cdot a^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p}$$

где E_p / ρ - жесткость рельса.

Второе уравнение связывающее неизвестные силы P_1 и P_2 :

$$\frac{P_1 - P_2}{k \cdot l \cdot b \cdot \alpha} = \frac{P_2 \cdot a^3}{3 \cdot E_p \cdot I_p}$$

Обозначим

$$m = \frac{\alpha \cdot k \cdot l \cdot b \cdot a^3}{6 \cdot E_p \cdot I_p}$$

и получим:

$$P_1 - P_2 = 2 \cdot m \cdot P_2 \quad (2)$$

Решая совместно уравнения 1 и 2 получаем значения неизвестных сил:

$$P_1 = \frac{1 + 2 \cdot m}{3 + 2 \cdot m} P$$

$$P_2 = \frac{1}{3 + 2 \cdot m} P$$

Анализ зависимостей (2) показывает, что при $m=0$ т.е. равномерное распределение от катка крана на все рельсы.

При $m \rightarrow \infty$ $P_1 = P_2$ – все давление передается на одну шпалу

Поэтому для более равномерного распределения давления на шпалы нужно брать, по возможности, более жесткие рельсы и в то же время основание должно иметь достаточно упругую податливость.

Проведя такое же решение в предположении распределения давления на пять шпал получим:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{1 + 18m + 7m^2}{5 + 34m + 7m^2} P; \\ P_2 &= \frac{1 + 11m}{5 + 34m + 7m^2} P; \\ P_3 &= \frac{1 - 3m}{5 + 34m + 7m^2} P. \end{aligned} \right\}$$

Можно получить аналогичные зависимости и в предположении распределения давления на семь шпал.

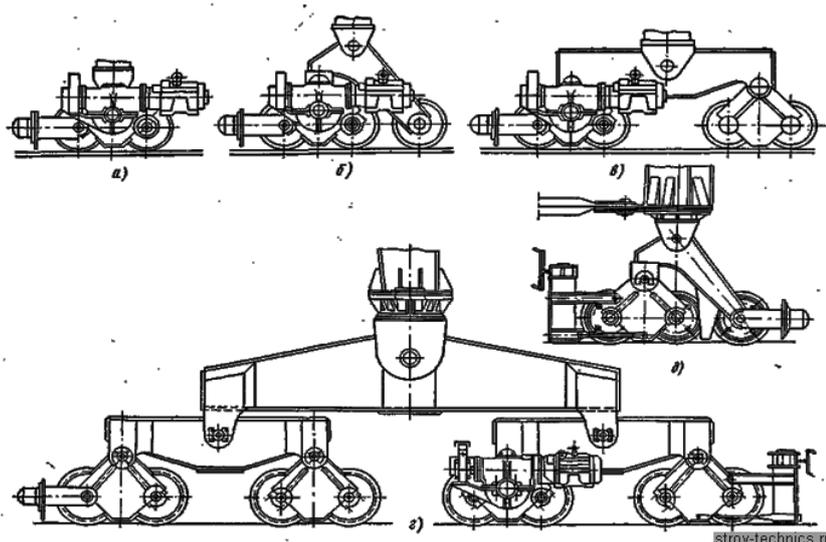
Граница применимости формул:

При $m \geq 0.33$ - давление распределяется на 3 шпалы;

При $m \in [0.33 \div 0.0561]$ - на 5 шпал;

При $m \in [0.0561 \div 0.0169]$ - на 7 шпал.

В каретке ноги крана на довольно близком расстоянии размещаются несколько катков. Поэтому возникает влияние смежных катков крана на шпалы.



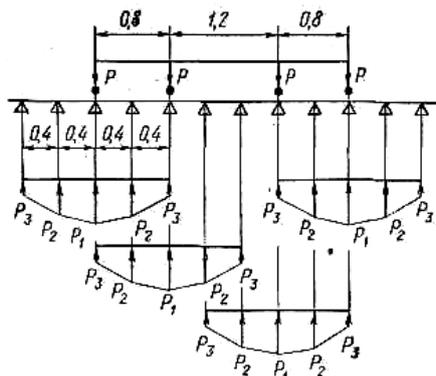
Типы ходовых тележек портално-стреловых кранов:

а — двухколесная; б и д — трехколесные; в — четырехколесная; г — восьмиколесная



Пример ходовой тележки перегрузочного 10-и тонного крана

Максимальное расчетное давление на шпалу можно определить исходя из принципа независимости действия сил.



Максимальное давление будет на опорах 3 и 5, где оно равно P_1+P_3 , или на опоре 4 равное $2P$. Максимальный изгибающий момент в рельсе будет на опорах под крайними катками, т. е. на опорах 3 и 10.

Выполняются расчеты шпал:

1. На смятие шпалы под подкладкой
2. На действие изгибающего момента
3. Проверка прочности грунта
4. Проверка прочности рельса на изгиб.

Расчет подкранового пути на ленточных железобетонных балках.

Подкрановые пути в виде ленточных подкрановых балок рассчитывают как балку на сплошном упругом основании.

Расчет делается с использованием гипотезы Винклера. Подкрановые балки при длине 25 м и более и при высоте их менее 1 м относятся к группе *бесконечных балок*. Поэтому принимается решение для бесконечной балки, нагруженной сосредоточенной единичной силой в сечении, совпадающем с началом координат.

Дифференциальное уравнение изгиба балки на упругом основании при использовании гипотезы Винклера может быть записано в виде

$$E \cdot I \frac{d^4 \cdot y}{d \cdot x^4} = -k \cdot y$$

где EI - жесткость балки;

k – коэффициент постели

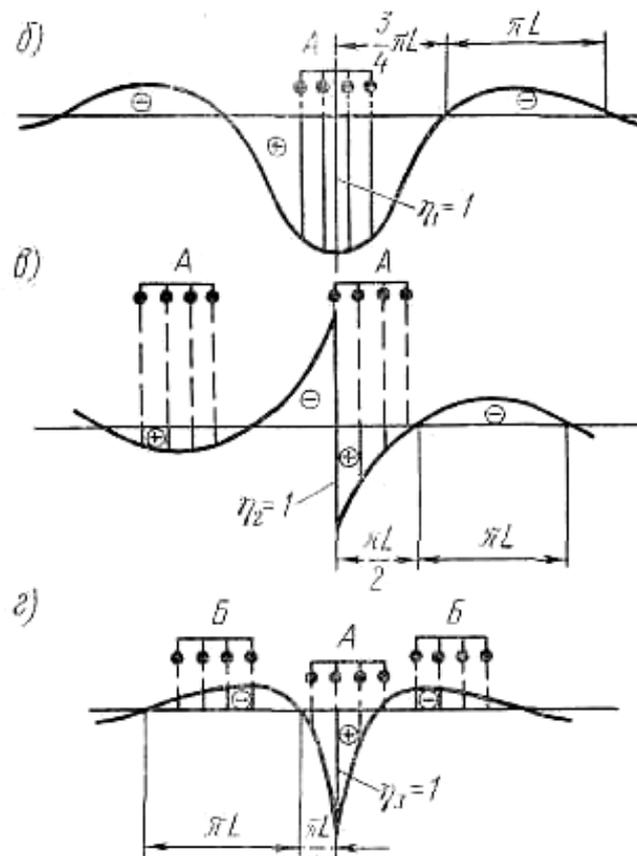
Решение для правой части балки имеет вид:

$$y = \frac{L^3}{8 \cdot E \cdot I} e^{\frac{-x}{L}} \left(\cos \frac{x}{L} + \sin \frac{x}{L} \right)$$

где

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{k \cdot b}}$$

- характеристика балки, b – ширина балки



Последовательным дифференцированием можно получить соответствующие выражения для изгибающего момента M и перерезывающей силы Q .

Выражения для P , Q и M могут быть представлены в сокращенном виде:

$$P = \frac{1}{2 \cdot L} \eta_1$$

$$Q = \frac{1}{2} \eta_2$$

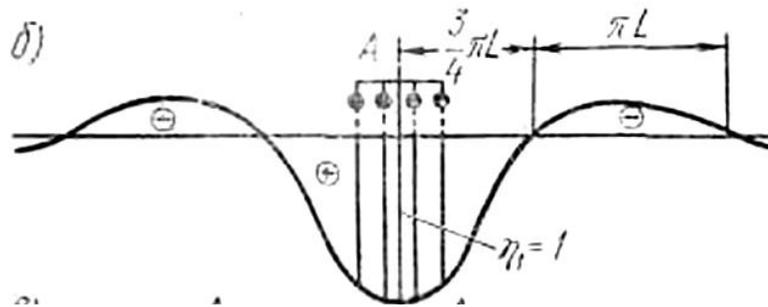
$$M = \frac{L}{4} \eta_3$$

Значения функций η приводятся в справочной таблице.

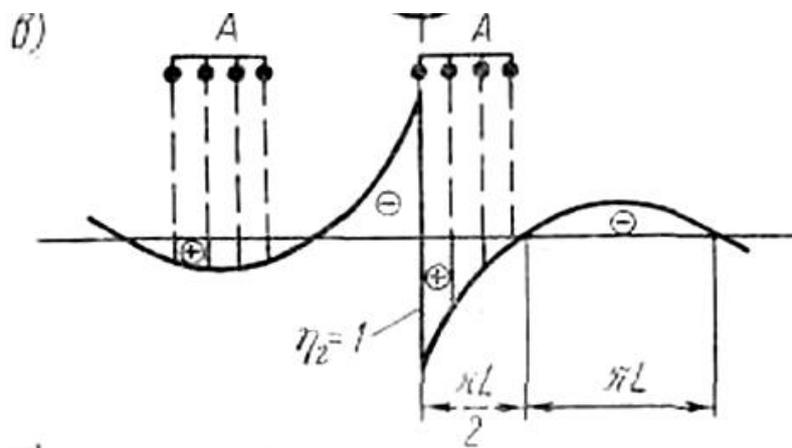
По этим данным могут быть построены эпюры P , Q и M от действия единичной силы.

Так как балка бесконечно длинная, то все три эпюры являются линиями влияния соответствующих величин.

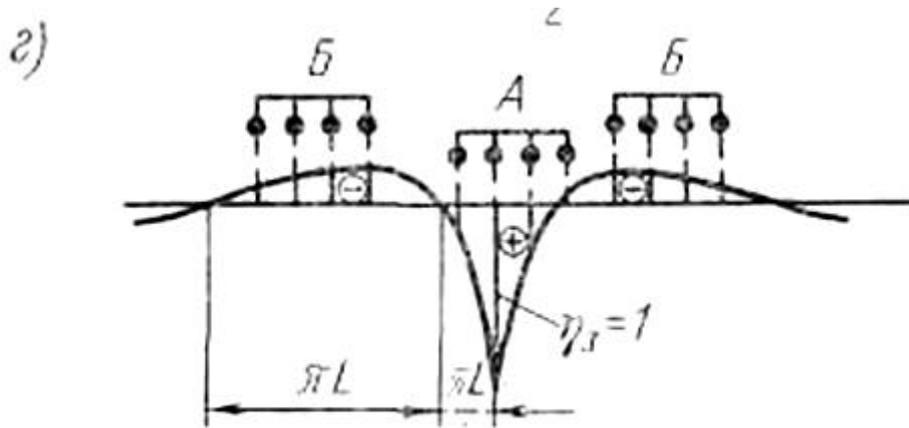
Для получения величин давлений P достаточно одной симметричной установки грузов от одной ноги крана.



Одна установка грузов дает значения перерезывающих сил Q .



Положительные значения изгибающих моментов получаются при установке грузов в положение A когда один из средних катков совпадает с максимальной ординатой эпюры; отрицательные - при установке катков в положение B (учитывается возможная работа двух кранов, расположенных рядом).



Расчетные значения всех величин могут быть получены из зависимостей:

$$P = \frac{1}{2 \cdot L} \sum \eta_{1i}$$

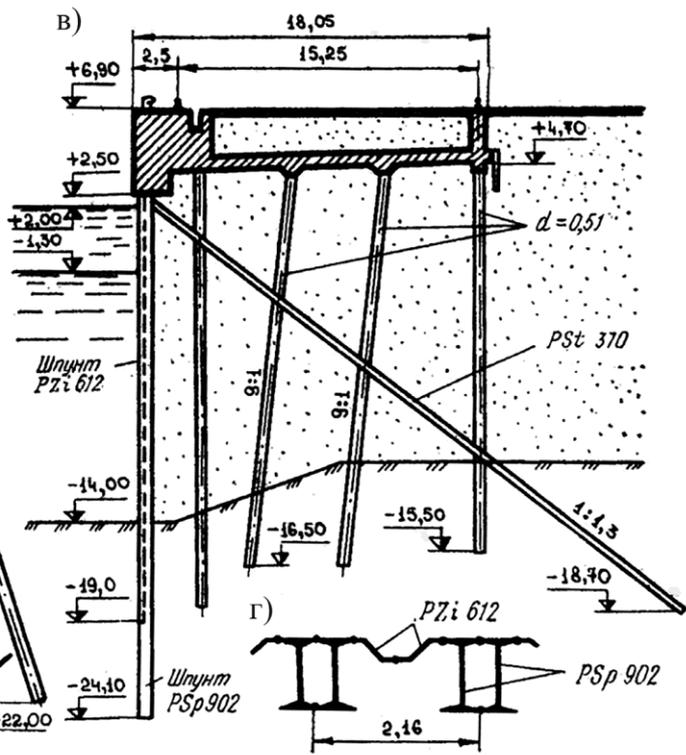
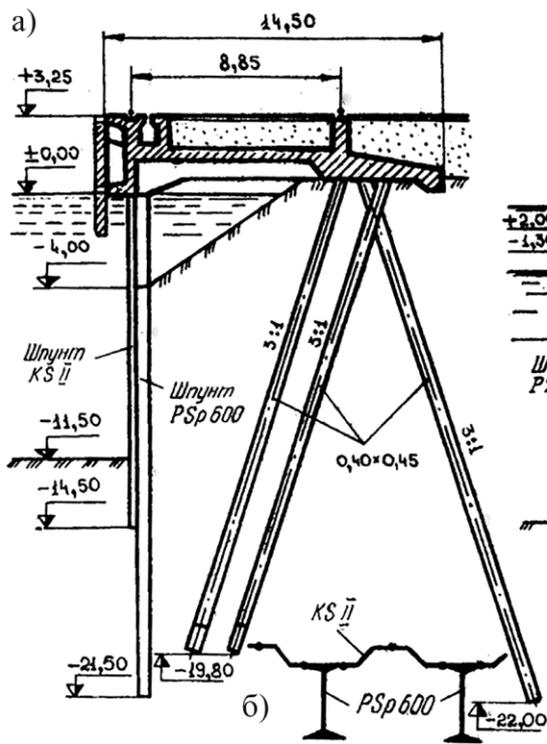
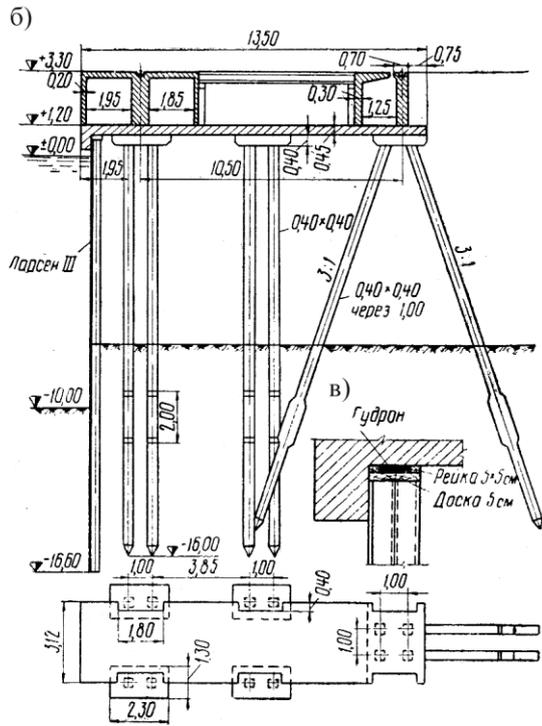
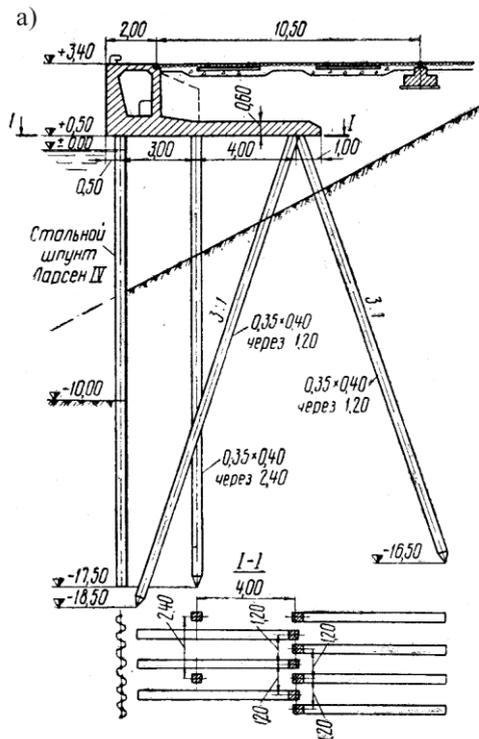
$$Q = \frac{1}{2} \sum \eta_{2i}$$

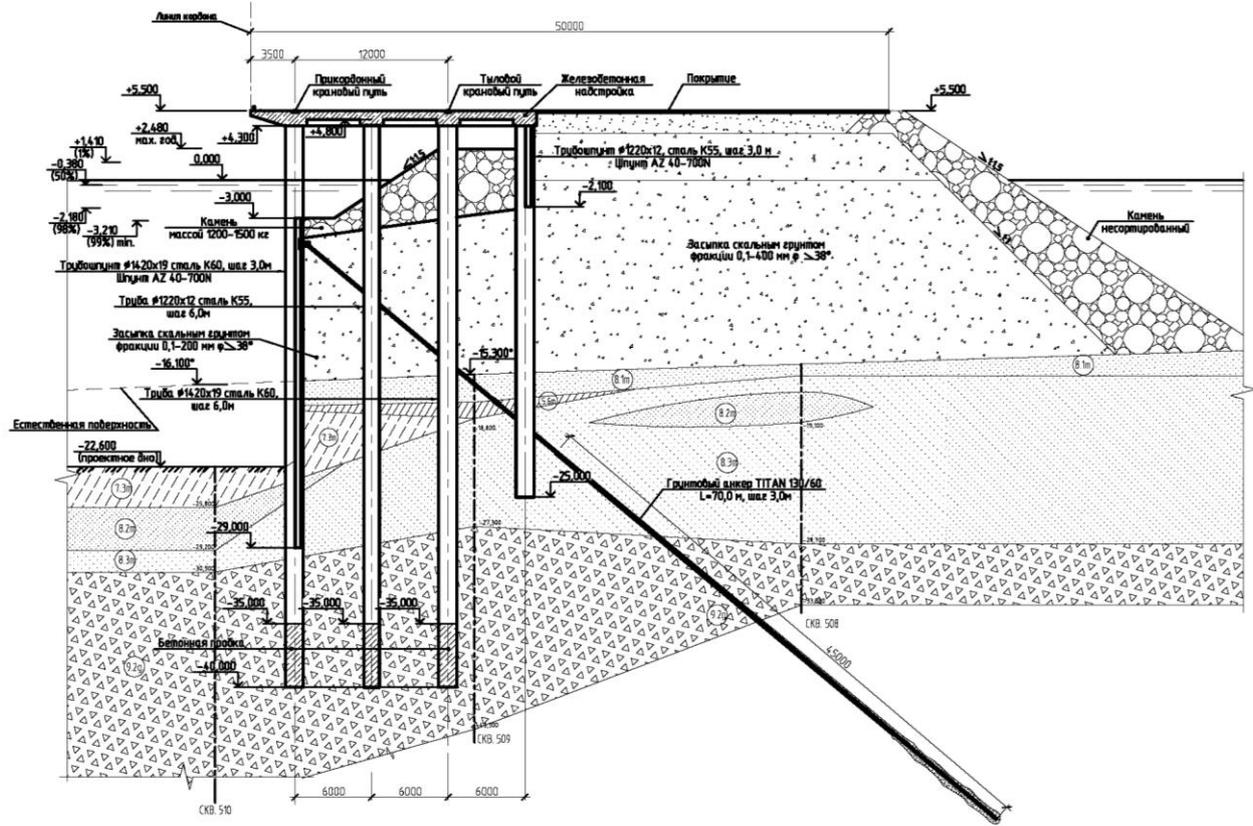
$$M = \frac{L}{4} \sum \eta_{3i}$$

Порядок расчета.

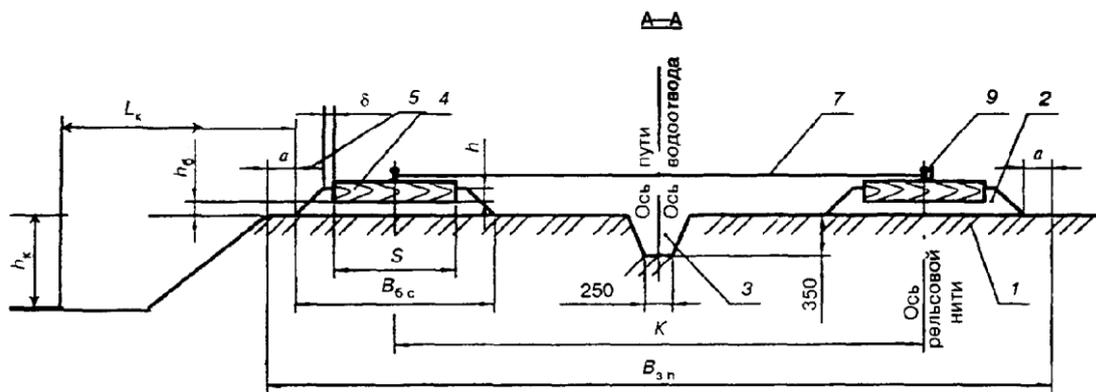
- 1) задаемся сечением балки и вычисляем характеристику L балки;
- 2) строим линии влияния при $P=1$;
- 3) используя линии влияния, по формулам (1) определяем значения P , Q и M .

Примеры подкрановых путей на причалах

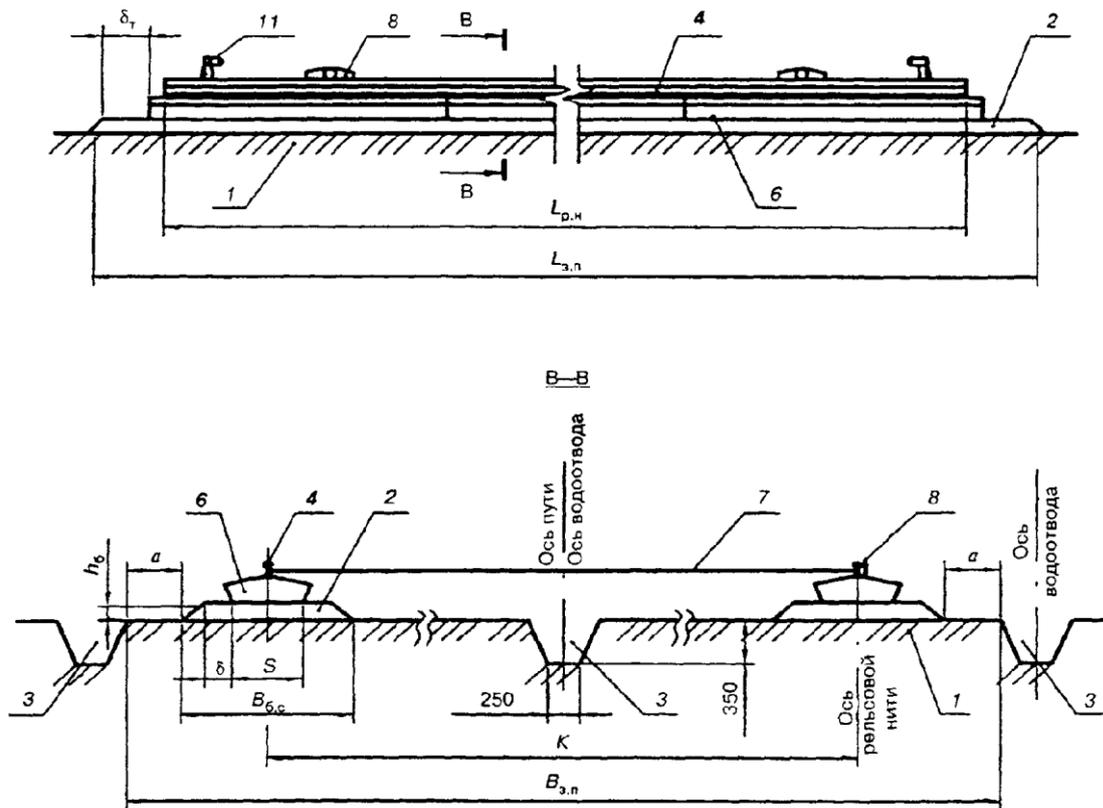




Устройство пути на шпалах

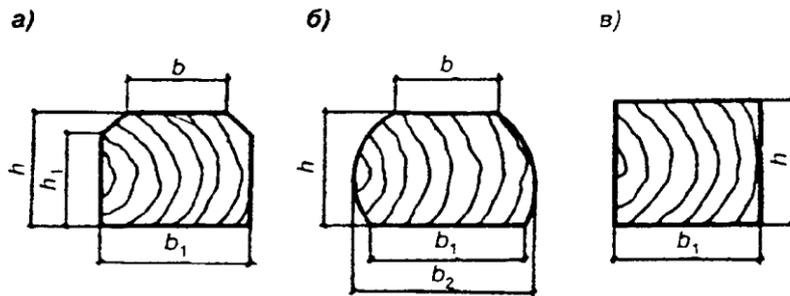


б)



a - на деревянных полушпалах; *б* - на железобетонных балках
 1 - земляное полотно; 2 - балластный слой; 3 - водоотвод; 4 - рельс; 5 - полушпала; 6 - железобетонная балка; 7 - стяжка; 8 - выключающая линейка; 9 - копир;
 11 - упор тупиковый ударного типа

Деревянные полушпалы



a - обрезная; *б* - необрезная; *в* - брус

Железобетонная полушпала типа ПШН4-13-325-1

