

МЕТОД ИМИТАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ МОСТОВЫХ КРАНОВ НА ПОДКРАНОВЫЕ БАЛКИ

¹Нежданов К.К., ¹Кузьмишкин А.А.¹, Гарькин И.Н.

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул.Германа Титова, 28), e-mail: igor_garkin@mail.ru

В статье рассматривается актуальный метод имитации работы мостовых кранов тяжелого режима работы (7К,8К) различной грузоподъемностью. Настоящая работа отражает результаты нескольких лет упорной работы. Приводится детальное описание специальной лаборатории для испытаний стальных подкрановых балок вследствие динамических воздействий. На все устройства приведённые в статье получены патенты РФ. По результатам полученных при испытаниях подкрановых балок, на описываемом в статье стенде были подготовлены и успешно защищены 2 докторские и 5 кандидатских диссертации. Анализ данных, полученный в результате научной работы, может найти применение при проектировании долговечных металлических подкрановых балок. Работа над данной тематикой будет продолжена, и получит своё дальнейшее освещение в следующих статьях.

Ключевые слова: испытания на выносливость, мостовые краны, подкрановые балки, циклические нагружения, усталостные трещины, динамические воздействия

THE SIMULATION METHOD OF DYNAMIC EFFECTS OVERHEAD CRANEON THE CRANE GIRDERS

¹Nezhdanov K.K., ¹Kuzmishkin A.A.,¹Garkin I.N.

¹Penza State University of Architecture and Construction", Penza, Russia (440028, Penza, GermanaTitovast., 28), e-mail: igor_garkin@mail.ru

The article discusses the current method of simulating the work of overhead cranes heavy duty (7K, 8K) of different carrying capacity. This work reflects the results of several years of hard work. A detailed description of the special laboratory for testing metal crane girders due to dynamic effects. All products are listed in the article by patents of the Russian Federation. According to the results obtained in the tests crane girders, described in the article on the stand, were prepared and successfully defended 2 doctoral and 5 PhD thesis. Analysis of the data obtained by the research can be applied in the design of durable metal crane girders. Work on this subject will continue, and will get your further illuminated in the following articles.

Keywords: fatigue testing, overhead cranes, crane girders, cyclic loading, fatigue cracks, dynamic effects

Для расчёта повреждаемой усталостными трещинами подрельсовой зоны подкрановых балок необходимо знать пределы выносливости этой зоны [1, 2] не только при пульсирующем цикле колебаний максимальных касательных напряжений $\tau_{2\max}$, но и при любой асимметрии их. Имея экспериментально полученные значения пределов выносливости на базе 4...6 миллионов циклов воздействий колёс и при двух различных значениях амплитудного коэффициента $A_\tau = \frac{\tau_a}{\tau_{\text{экстр}}} = 0,5$, легко получить диаграмму выносливости, а по ней вычислить предел выносливости при любой асимметрии A_τ . Имея две точки при различных асимметриях, например при пульсирующем $\tau_{A_\tau=0,5}$ и симметричном $\tau_{A_\tau=1}$ циклах, получим линейную зависимость, связывающую колебания амплитудной

составляющей τ_a относительно среднего τ_m напряжения цикла.

При большем числе экспериментальных точек легко получить более точную криволинейную зависимость, пользуясь которой можно прогнозировать долговечность подкрановых балок различного режима работы и проектировать их равной выносливости.

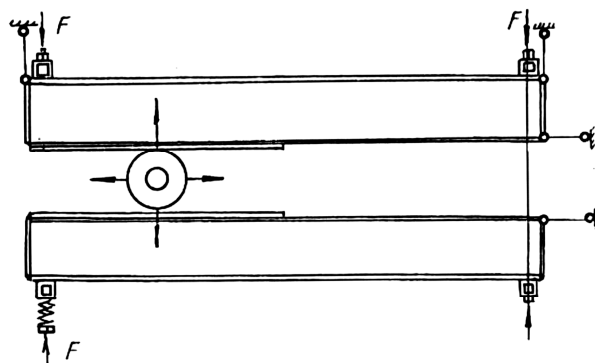
С целью более полной имитации динамических воздействий мостовых кранов и повышения производительности, нагружение блока балок производится мостовым краном с балансирными тележками (рис. 3, 4). Воздействия восьми колёс крана передаётся от колёс крана через рельсы, закреплённые на их поясах. Опоры балок также балансирные [3].

Положение крана по отношению к опорам фиксировано с помощью продольных связей.

Каждая из балок испытывается локальными подвижными воздействиями колёс в четырёх зонах: две зоны сверху, от воздействий колёс балансиров крана, и две зоны снизу, от воздействий колёс балансиров опор. Стенд обеспечивает создание симметричных циклов колебаний касательных напряжений.

Возвратно-поступательные колебания сообщаются блоку балок с амплитудой $a = 350$ мм.

а



б

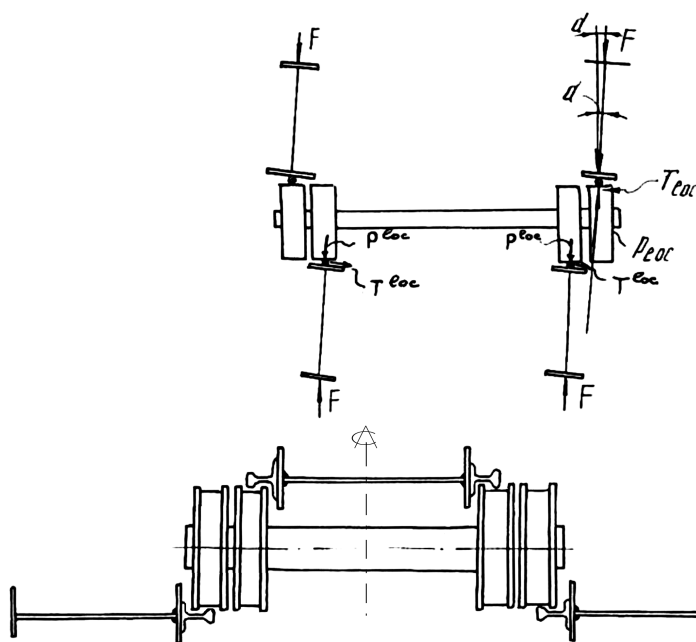


Рис. 1. Способ испытания балок на выносливость: а – общий вид; б – косой изгиб

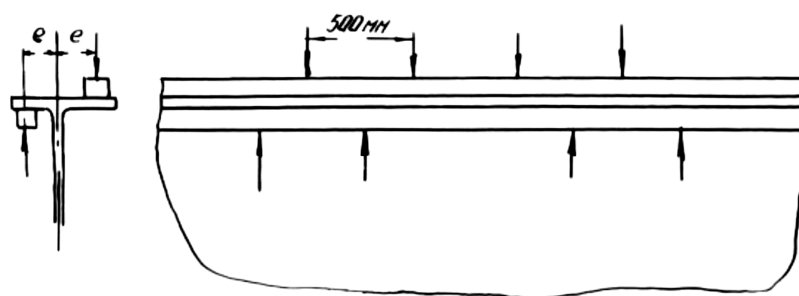


Рис. 2. Наиболее неблагоприятное симметричное нагружение верхней зоны подкрановой балки

В каждой из четырёх зон циклы возникают от двух колёс, следовательно, за один проход балки в одну сторону накапливается 80 циклов локальных воздействий. Краны нагружают гидро-домкратами или через пружины. Нагрузку контролируют динамометрами. При сообщении блоку балок возвратно-поступательных колебаний с амплитудой $a = 350$ мм эпюра изгибающих моментов и поперечных сил в балках остаётся неизменной заданной. Колеблются только локальные напряжения, возникающие в местах взаимодействия колёс с

балками через рельсы. Регулировка напряжённого состояния в балках обеспечивается изменением локальных сил от колёс и расстояния между балансирами крана и опор.

В промышленных цехах подкрановые балки работают на косой изгиб. Имитация косого изгиба достигается установкой балок под углом α (рис. 1, 2) к вертикали (α – угол между вертикалью и плоскостью стенки). Угол α назначается таким, чтобы составляющая $T^{\ell oc}$, направленная параллельно плоскости пояса балки, то есть горизонтально, была в пределах 0,1...0,2 от вертикальной силы $P^{\ell oc}$. Изменяя угол наклона α , регулируют величину вертикальной и горизонтальной сил.

Циклы повторяются при каждом возвратно-поступательном колебании балок с амплитудой, равной $a = 350$ мм и размахе 700 мм. Расстояние же между колёсами крана равно 500 мм, что меньше, чем размах.

Напряжённое состояние в испытываемых балках симметрично (рис. 5). Выделим зоны для испытаний слева и справа и будем рассматривать их как самостоятельные при идентичных условиях воздействий колёс. При среднем положении балок её линия симметрии совпадает с линией нагружающих сил. Такое положение показано на рис.3 Рассмотрим колебания напряжений в одной из зон. В характерных точках A , B и C левой зоны локальные напряжения σ_y и $\sigma_{кру}$ будут равны нулю.

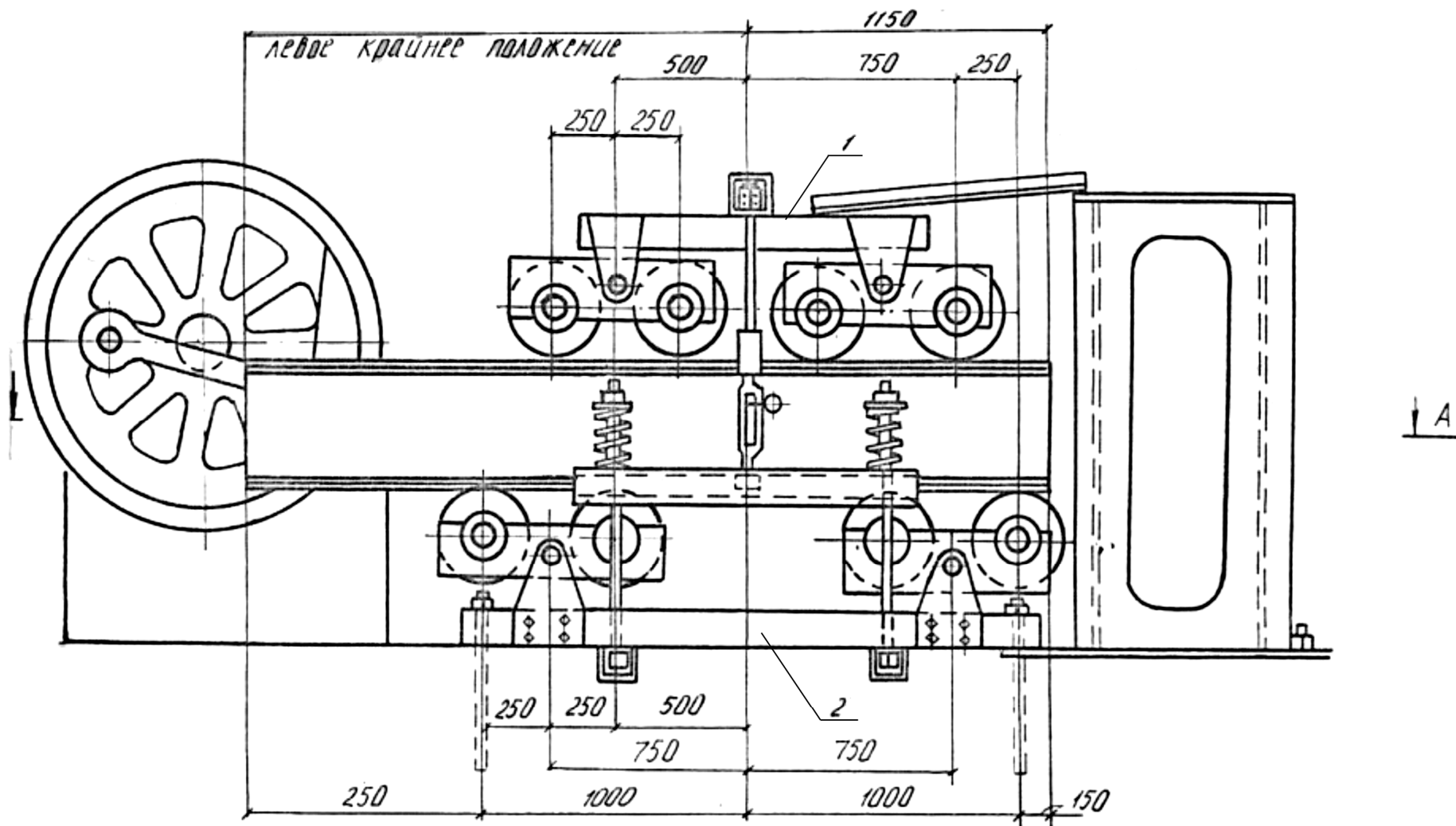


Рис. 3. Общий вид стенда, эмитирующего работу мостовых восьмиколёсных кранов

1 – верхний кран; 2 – нижний кран (повёрнут колёсами вверх)

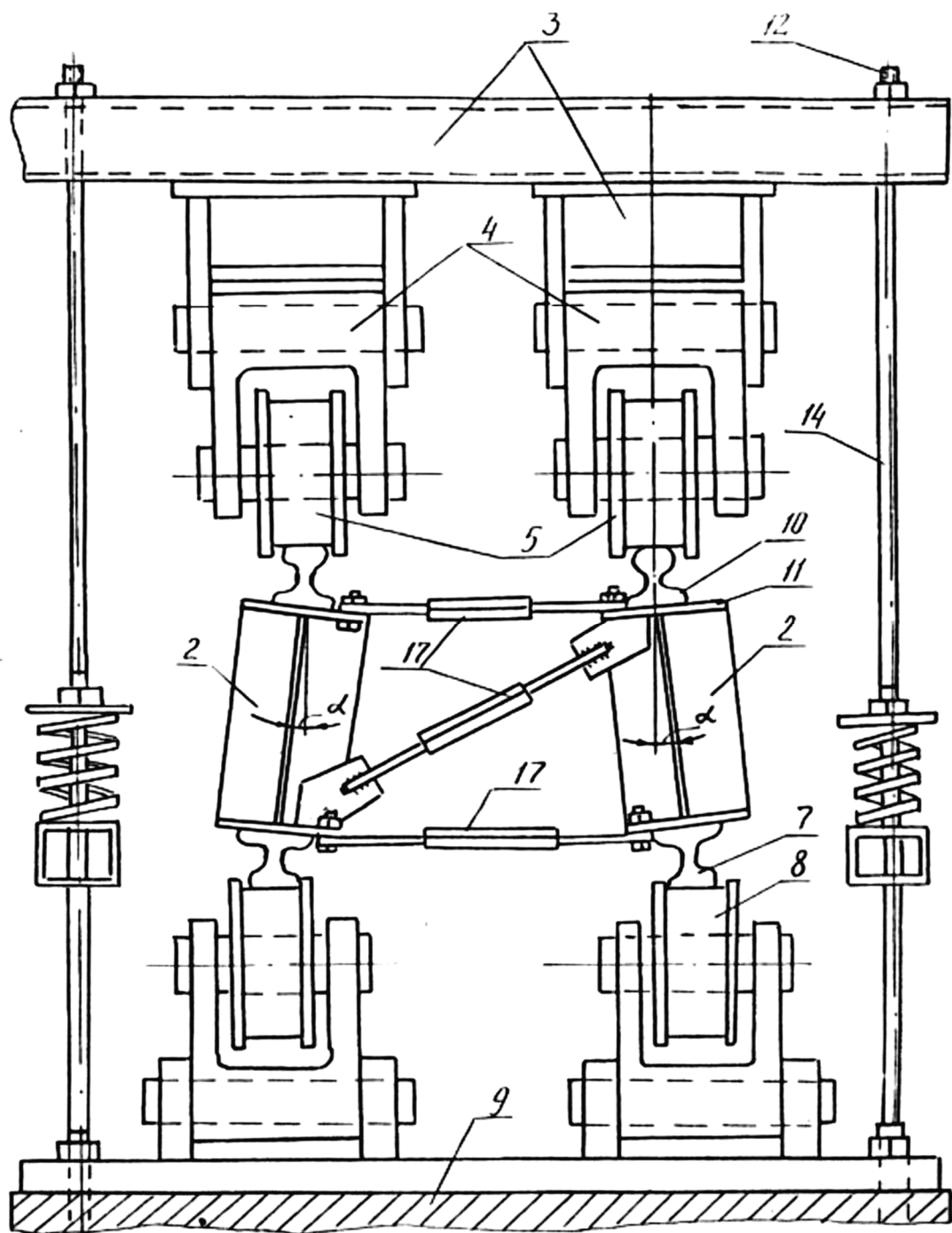


Рис.4. Косой изгиб балок.

2 – испытываемые балки; 3 – модель крана; 4 – балансиры; 5 – колёса;
 7,10 – рельсы; 8 – балансиры опор; 9 – фундамент; 14 – тяги;
 17 – устройство для регулирования наклона балок

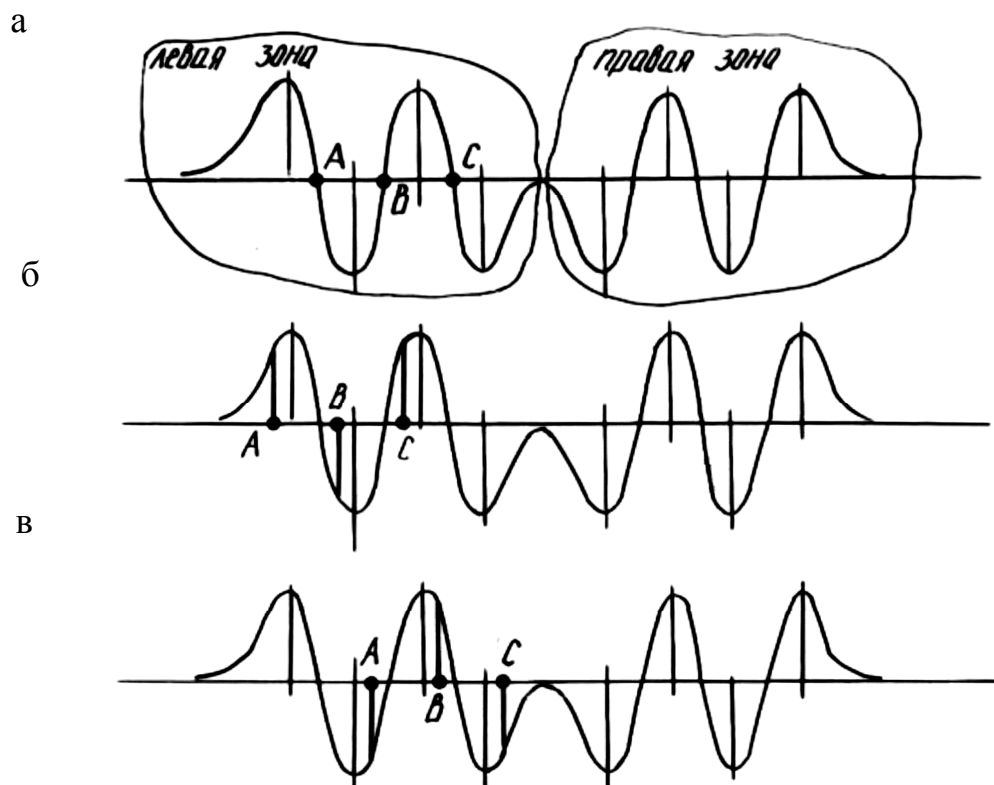


Рис. 5. Симметричные циклы локальных напряжений, возникающих в зоне сопряжения пояса со стенкой балки:

а – линия симметричной нагрузки и балки совпадают; б – балка сдвинута влево на 350 мм; в – балка сдвинута вправо на 350 мм

При перемещении балок влево на 350 мм (рис. 5, б) в точках *A* и *C* напряжения σ_y и $\sigma_{кру}$ не только достигнут экстремума, но и перейдут через него. В точке *B* напряжения перейдут через минимальный экстремум.

При перемещении балки вправо на 350 мм (рис. 5, в) напряжения в точках *A* и *C* перейдут через минимальный экстремум, а в точке *B* через максимальный.

Таким образом, в точках *A*, *B* и *C* при каждом перемещении балки из левого в правое положение возникает симметричный, самый неблагоприятный цикл колебаний локальных напряжений σ_y .

Аналогично происходят колебания и локальных напряжений $\sigma_{укр}^{loc}$. В среднем положении напряжения равны нулю. В левом крайнем положении верхний пояс закручивается по часовой стрелке, в правом – против часовой стрелки, то есть циклы изменяются также симметрично.

Дополнительная регулировка асимметрии достигается посредством изменения отношения жёсткостей η верхних EJ_B и нижних рельсов EJ_H $\eta = EJ_B / EJ_H$.

Следовательно, изменяя схему опирания испытываемых балок, число колёс крана и опор, изменяя соотношение жёсткостей, легко получить любую асимметрию локальных напряжений и построить диаграмму [1, 2], связывающую максимальные $\tau_{\max}$ и средние τ_m напряжения. Изменением же эксцентриситетов e установки рельсов относительно стенки балки регулируется величина колебаний локальных крутящих моментов $M_{\text{кр}}^{\text{loc}}$.

Стенд обеспечивает полную имитацию воздействий, передающихся от колёс крана на подкрановые конструкции. Обеспечивается постоянство эпюр моментов и поперечных сил при возвратно-поступательном колебании балок, причём как в плоскости стенки балок, так и в плоскости их верхних поясов.

Необходимо отметить, что *производительность разработанного стенда по каждой из испытываемых балок повышается в восемь раз.*

За один цикл перемещения балки в одну сторону в каждом из четырёх исследуемых сечений сменяется два цикла колебаний локальных напряжений. На стенде же при одном колебании нагружающего блока колёс сменяется один цикл локальных напряжений в одном исследуемом сечении.

На рис. 3 показан общий вид стенда. На рис. 4 – разрез. Стенд состоит из блока 1, испытываемых балок 2, мостового крана 3, имеющего балансирные тележки 4, колёса 5 и раму 6.

Блок 1 балок 2 опирается через рельсы 7 на катки опор 8, закреплённые на фундаменте 9.

Колёса крана передают воздействия на балки 2 через рельсы 10, закреплённые на верхних поясах 11. Величина сил регулируется гидродомкратами 12, управляемыми с пульта 13. Гидродомкраты опираются на опоры 14, заанкеренные в фундаменте. Кран 3 зафиксирован в горизонтальном направлении связью 15. Балки 1 приводятся в возвратно-поступательные колебания шатуном 16.

Стенд собирается и работает следующим образом. На балки 2 устанавливаются рельсы 7 и 10, и балки соединяют друг с другом форкопфами. Наклоняют их под углом α к вертикали, устанавливают на балансирные опоры 8 и соединяют с шатуном 16. Мостовые краны 3 устанавливают колёсами 5 на направляющие рельсы 10 и фиксируют связью 15 в необходимом по длине балки месте. Посредством тяг 14 нагружают балки. Вертикальные силы распределяют между колёсами крана поровну с помощью балансирных тележек 4. Величину сил контролируют динамометрами. Воздействия могут изменяться по определённому закону в соответствии с изменчивостью воздействий кранов для каких-то конкретных цехов.

После нагружения блоку 1 балок 2 шатуном 16 сообщают возвратно-поступательные колебания. Колебания напряжённо-деформированного состояния в четырёх зонах ожидаемого появления трещин записывается, например, с помощью комплекта К-121.

Испытания проводят до появления усталостных трещин. Циклы подсчитывает специальный счётчик.

Для изменения асимметрии p локальных напряжений балансирные тележки катков опор 8 опирают на рельсы 7, закреплённые на нижней грани верхнего пояса балок 2 Колёса 5 балансирных тележек крана 3 смещены относительно балансирных опор 8 на амплитуду a возвратно-поступательного движения. Асимметрию регулируют изменением схемы опирания балок изменением отношения жёсткостей η рельсов.

Итак экономический эффект от применения стендов достигнут в результате:

1. Полной имитации подвижных циклических воздействий колёс кранов на подкрановые конструкции. Это позволяет испытывать балки в лаборатории в условиях, наиболее приближенных к действительным условиям эксплуатации;

2. Производительность испытаний по каждой из испытываемых балок повышена в восемь раз;

3. Стенды позволяют получать экспериментальные линии регрессии, связывающие колебания сдвигающих напряжений и среднее напряжение цикла при любой асимметрии и тем самым повысить надёжность подкрановых балок. Позволяют добиться обеспечения наиболее рационального распределения материала по сечению с точки зрения равной выносливости и равной прочности.

4. Позволяют быстро оценивать выносливость вновь разработанных конструкций и облегчают создание балок новой конструктивной формы [4...10].

Список литературы

1. Нежданов К.К. Совершенствование подкрановых конструкций и методов их расчёта [Текст] : моногр./ К.К. Нежданов. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 288 с. (Лауреат конкурса на медали и дипломы РААСН строительных наук 2011г. 16.02.2012г.)
2. Нежданов К.К., Нежданов А.К., Исследование проблем выносливости подкрановых балок монография / М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва". – Пенза, 2011.
3. Нежданов К.К., Нежданов С.К., Голубятников М.Е., Семаев С.Н., Крапчин В.Ю. Стенд для испытания подкрановых балок на выносливость Патент SU 1686335.

4. Нежданов К.К., Гарькин И.Н., Кузьмишкин А.А., Курткезов Д.Х. Быстро сооружаемая подкрановая балка с высоким техническим ресурсом эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. – 2014. - № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13115> (дата обращения: 16.05.2014).
5. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля из низколегированной стали // Строительная механика и расчёт сооружений. – Москва ЦНИСК им. Курчере́нко. – 2011. - №4.
6. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Применение толстостенных двутавровых крановых рельсов // Региональная архитектура и строительство. – 2012. - № 3. – С. 79-84.
7. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Применение двухстенчатых подкрановых балок с амортизирующим эффектом // Региональная архитектура и строительство. – 2013.- № 3. – С. 91-94.
8. Нежданов К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н. Трёхглавый рельсовый блок для подкрановых балок // Региональная архитектура и строительство. – 2012. - № 1. – С. 66-68.
9. Нежданов К.К., Лаштанкин А.С., Гарькин И.Н. Сборные подкрановые балки из прокатных профилей // Строительная механика и расчёт сооружений. – Москва ЦНИСК им. Курчере́нко. – 2013. - №3. – С. 69-75.
10. Нежданов К.К., Железняков Л.А., Гарькин И.Н. Эффективный способ проката уголкового профиля // Строительная механика и расчёт сооружений. – Москва ЦНИСК им. Курчере́нко. – 2014. - №1. – С. 71-75.

Рецензенты:

Ласьков Н.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза;

Логанина В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.