

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТЯНУТОГО СТЫКА ПОЯСА ДЕРЕВЯННОЙ ФЕРМЫ-ЛИНЗЫ ПРОЛОТОМ 30 М.**

*Погорельцев А.А., к.т.н., зав. лабораторией несущих деревянных конструкций (Москва, ЦНИИСК)*

*Турковский С.Б., д.т.н., зав. сектором деревянных конструкций ЦНИИСК*

*Суменко М.А., инженер ЦНИИСК*

### **Аннотация.**

В 2013 г. в Москве завершено строительство аквапарка. Покрытие по деревянным клееным фермам пролетом 30 м. и по балкам. Пояса ферм выполнены сборными с применением жестких стыков системы ЦНИИСК. Для подтверждения правильности технических решений и качества изготовления в ЦНИИСК проведены испытания растянутого стыка в натуральную величину. Приводятся некоторые результаты.

### **Nature tests of the tensional joint for the lens-shaped wooden truss, span 30 m.**

*Pogoreltsev A.A., candidate of technical science, chief of carry wood structures lab (Moscow, Central Construction Structural Research Institute (TSNIISK)).*

*Turkovsky S.B., doctor of technical science, chief of carry wood structures section of carry wood structures lab (Moscow, Central Construction Structural Research Institute (TSNIISK)).*

*Sumenko M.A., engineer (Moscow, Central Construction Structural Research Institute (TSNIISK)).*

### **Abstract.**

Water park construction is finished in Moscow in 2013. Roofing is arranged upon glulam trusses, which have the span of 30 meters, and glulam beams. Chords of trusses are made divided, using in-site rigid joints made according to "TSNIISK system". To confirm the adequacy of the technical arrangement of the joint, there were performed tests of original shaped joint sample. Some results of the test are recited.

В 2013 г. завершены реконструкция и строительство корпусов А и Б с несущими деревянными конструкциями покрытия оздоровительного комплекса по ул. Голубининской 16. Корпус А (печально известный «Трансвааль парк») реконструирован и перекрыт деревянными балками. Корпус Б (аквапарк) размером в плане 50 х 70 м, трехпролетное здание с железобетонными колоннами высотой 13.5 м. и с шагом 13 м. Покрытие крайних пролетов выполнено по балкам линзообразной формы пролетом 10 м., покрытие среднего пролета по фермам-линзам пролетом 30 м., установленным с шагом 6.5 м (рис.1)

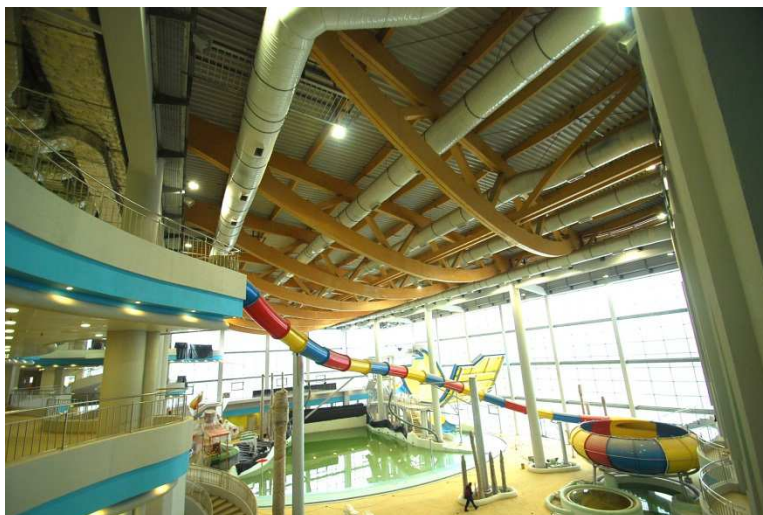


Рис.1. Интерьер аквапарка «Морион».

По технологическим и транспортным причинам фермы запроектированы сборными\*. Каждая ферма состоит из пяти конструктивных элементов: верхнего пояса, двух элементов нижнего пояса и треугольной решетки.

---

\*Проект каркаса покрытия аквапарка и фермы разработаны Смирновым П.Н., Турковским С.Б., Филимоновым М.А.

Элементы нижнего пояса длиной около 16 м. по концам снабжены узловыми закладными деталями «системы ЦНИИСК»[1]. На опорном участке в пределах первой панели с помощью наклонно клеенных стержней, воспринимающих сдвиг, присоединена часть верхнего пояса. На другом торце элемента, посередине пролета фермы, установлены V-образные анкеры для устройства стыка нижнего пояса. Верхний пояс объединяется двумя жесткими стыками с опорными участками на элементах нижнего пояса.

Каждый из поясов по ширине сечения состоит из двух элементов сечением 140 x 900 мм., подкосы соединенные с поясами на болтах в упор. Таким образом наиболее сложные и напряженные узлы фермы: опорные и ответственные элементы стыков выполнены в заводских условиях ДСК Стройконструкции (г.Королев) с необходимым контролем качества.

Сборка ферм осуществлялась фирмой ООО «Стройдревкомплект» на стройплощадке в горизонтальном положении путем объединения поясов в стыках и установки раскосов в упор с плотной приторцовкой по месту.

Стыки устраивались посредством стальных полос сечением 20x80 установленных вертикально между выпусками V-образных анкеров 2(Ø20 А400x700) и сваривались между собой. Зазоры между торцами сплавляемых элементов в стыках заполнялись полимербетоном, обеспечивающим плотность контакта торцов, необходимую их защиту торцов от влаги и восприятие сжимающих и сдвигающих усилий, действующих в стыке.

Контроль качества сборки ферм в рамках авторского надзора осуществлялся сотрудниками ЦНИИСК.

Ввиду особой ответственности объекта, экспериментального характера несущих конструкций и по требованию экспертизы на базе ЦНИИСК были проведены испытания наиболее нагруженного стыка нижнего пояса фермы в натуральную величину до разрушения.

Испытаниями преследовалась цель: подтвердить несущую способность стыка, ожидаемый характер разрушения, правильность принятой конструкции, качество изготовления стыка и вместе с тем, проверить новые предложения по соединениям стыков на болтах.

В задачи эксперимента входило установить:

- несущую способность одного анкера и стыка в целом;
- податливость одного анкера и узлового соединения;
- поведение стыка под нагрузкой;
- характер разрушения;

- напряженно-деформированное состояние основных элементов стыка;

- эффективность внесенных конструктивных изменений стыка в сравнении с прототипом.

Для исследований, по чертежам ЦНИИСК, был специально изготовлен фрагмент нижнего пояса фермы со стыком в соответствии с конструкцией фермы, на торце справа, и новым предлагаемым, на торце слева (рис.2). Особенность проектного решения в сравнении с известным прототипом [2] состояла в том, что анкерные полосы объединены между собой диафрагмами, которые должны нейтрализовать дополнительные изгибающие моменты из плоскости полос, возникающие от несоосного размещения ветвей V-образных анкеров и приводящих к нежелательному выкалыванию древесины на боковые плоскости, и закручиванию стальных полос при разрушении (рис.2а). Такой характер разрушения был зафиксирован ранее при подобных испытаниях стыка без диафрагм [2], и который необходимо было устранить в конструкции ферм аквапарка.

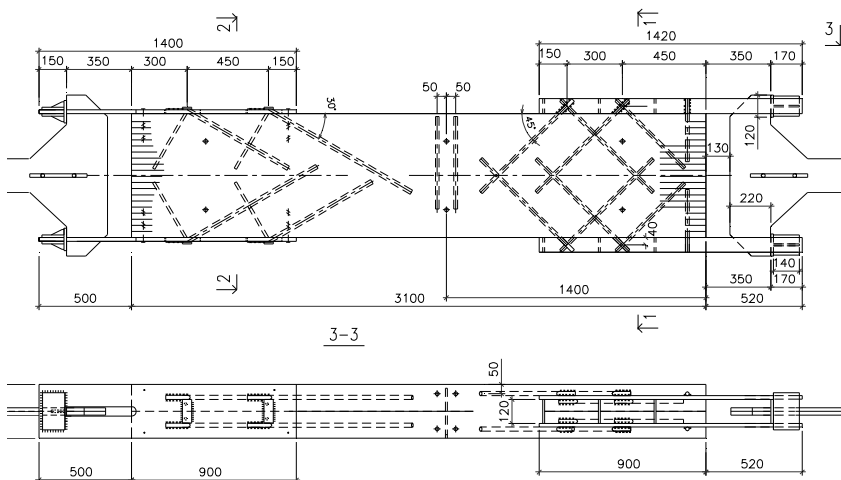


Рис. 2. Схема опытного стыка фермы аквапарка усовершенствованной конструкции

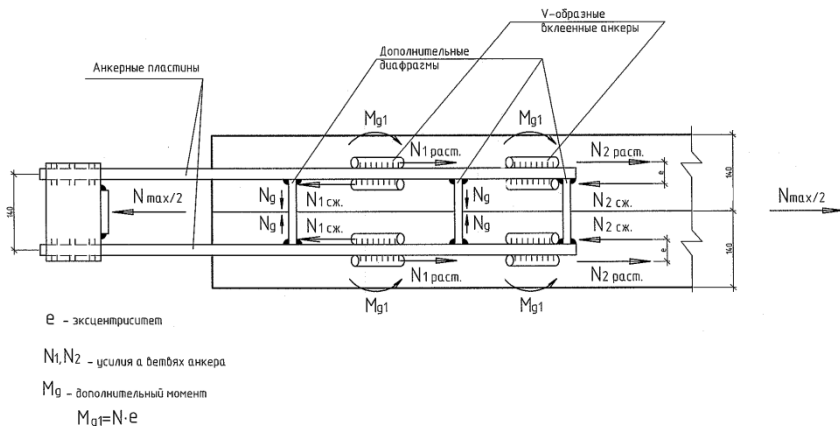


Рис.2а.  
Векторы усилий в закладных деталях стыка

На другом торце фрагмента подлежала проверке новая конструкция стыка, допускающая на монтаже болтовое соединение в стыке. Для этого вместо анкерных полос использовались анкерные пластины, которые располагались плашмя на узких гранях фрагмента. Ширина пластин допускала размещение расчетного количества болтов. Помимо того, врезки в клееной древесине для пластин имели небольшую глубину и вследствие армирования древесины анкерами, не ослабляли сечение пояса в зоне стыка.

Количество V-образных анкеров на одном торце фрагмента принято по 8 шт., исходя из мощности горизонтальной разрывной машины (около 240т.). На эту нагрузку рассчитывались и опытная оснастка. В реальном стыке фермы по расчету использовались 12 аналогичных анкеров.

Перемещения анкерных пластин и полос относительно древесины под нагрузкой измерялись индикаторами на торцах фрагмента и на торцах пластин и полос. Деформации последних фиксировались электротензорезисторами с базой 10 мм., установленными перед анкерами и между ними. Деформации древесины вдоль и поперек волокон в зоне стыков фиксировались электротензорезисторами с базой 20 мм.

Нагружение фрагмента велось ступенями по 20 т. с разгрузкой на каждой ступени до 2 т. и записью показаний всех приборов согласно рекомендации [3]. Максимальная нагрузка составила 175 т. без всяких признаков разрушения и была ограничена техническим оснащением гидравлики разрывной машины.

Для определения несущей способности анкеров и характера разрушения, анкерные полосы на правой части фрагмента были распилены между анкерами, т.е. количество анкеров на одном торце было уменьшено до 4 шт. (по 2 на каждой грани). Ожидаемая, разрушающая нагрузка была снижена до 120 т. На этой стадии испытания, нагрузка прикладывалась непрерывно(без разгрузки), до разрушения, которое было достигнуто при 137 т. и сопровождалось вязким нарастанием деформаций древесины под вклеенными стержнями без увеличения стержней с хрупким выкалыванием древесины на торце и разрывом стержней анкеров на одной грани фрагмента. Выкалывания на боковые грани не последовало. Такой характер разрушения объясняется эффективностью постановки диафрагм между анкерными полосами (рис.3).



Рис.3

Датчики на всех анкерных пластинах фиксировали их синхронную работу, близкую к упругой до нагрузки, превышающей расчетную. Это позволило определить несущую способность одного анкера (137/4) равную 34 т. что в 2,2 раза превысило расчетное значение. Следовательно, несущая способность стыкового соединения фермы составила  $34 \times 12 = 408$  т и превысило расчетную более чем в 2 раза.

Сдвиги анкерных полос относительно древесины сохраняли пропорциональный характер в течение всего нагружения (рис.4). Для первого ряда (анкеров) перемещения были на 20% больше перемещений анкеров во втором ряду фрагмента. При нагрузке 100 т. они составили соответственно 0,07 и 0,05 мм. (рис.4). Податливость одного анкера составила 0,056 мм/т., деформации раскрытия стыка при 100 т. составили 0,95 мм.

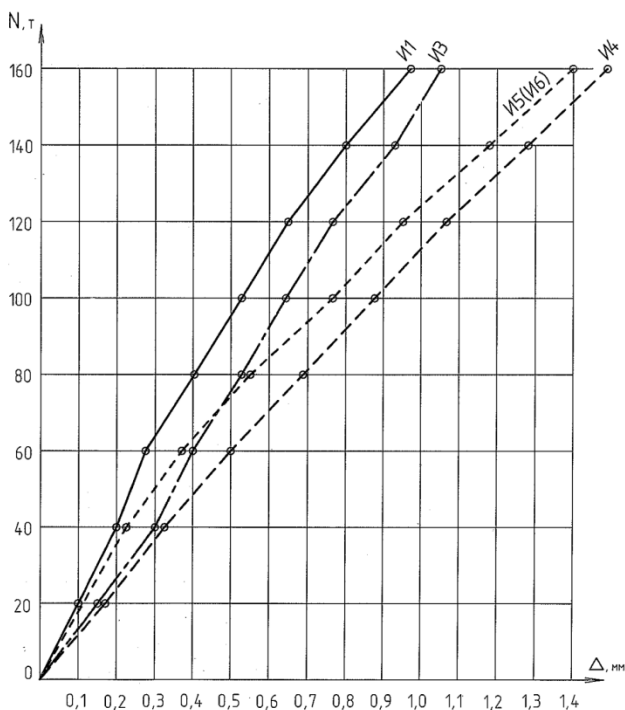


Рис.4. Диаграмма зависимости перемещения анкерных пластин относительно древесины. I1, I2 в торцах пластин I3, I4 в начале пластин.

Полученные данные используются для мониторинга ферм при эксплуатации. С их помощью по раскрытию зазоров стыка можно установить состояние стыка в зависимости от действующей нагрузки.

Об эффективности, предлагаемой конструкции стыка на болтах, можно судить по величине перемещений пластин относительно древесины, которая оказалась значительно меньше аналогичных деформаций полос на другом торце фрагмента. Это объясняется участием анкерных пластин в работе на сжатие поперек волокон по узким граням фрагмента. Применение конструкции стыка с пластинами вместо полос, позволяет уменьшить ослабление сечения врезками, обеспечить возможность использовать болтовое соединение вместо сварки.

#### **Выводы:**

1. Натурные испытания подтвердили достаточные прочность и качество растянутых стыков фермы.
2. Полученная несущая способность одного V-образного анкера в стыке, которая составляет 34 т.
3. Доказана необходимость применения диафрагм между двумя рядами анкеров по ширине сечения при несомном присоединении ветвей анкеров к полосам.
4. Данные о перемещении анкерных полос целесообразно использовать при мониторинге за поведением растянутых стыков ферм в эксплуатации.
5. Опытом подтверждена эффективность и возможность применения для растянутых стыков пластин с болтовым соединением на монтаже.

#### **Литература**

1. С.Б.Турковский, А.А. Погорельцев, И.П. Преображенская (Клеевые деревянные конструкции с узлами на вклеенных стержнях в современном строительстве(система ЦНИИСК), М.:РИФ «Стройматериалы», 2013,-300с.)
2. Погорельцев А.А. Суменко М.А. Турковский С.Б. «Натурные испытания стыков на V-образных анкерах растянутых деревянных элементов». В сб.науч.тр. «Современные строительные конструкции из металла и древесины». л.115, часть 4. ОГАС и А.2011.
3. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций, М.ЦНИИСК: Стройиздат, 1981. 40 с.