

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.012.35.048.073.82

*Акаев А.И., Магомедов М.Г., Ханмагомедов М.А.*

### **ПРИНЦИПЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Akaev A.I., Magomedov M.G., Hanmagomedov M.A.*

### **PRINCIPLES OF OPTIMAL PLANNING OF EXPERIMENTALLY THEORETICAL RESEARCHES OF BUILDING CONSTRUCTIONS**

*В статье обобщены основные принципы оптимальной организации исследований строительных конструкций, работающих в составе несущих систем сооружений, с учетом необходимости сопоставления теоретических и экспериментальных результатов на адекватной основе. Предложена методика взаимного сближения расчетных схем и условий проведения эксперимента с соблюдением главного принципа – приемлемого для практики соответствия схем теоретического и экспериментального исследования фактическим условиям работы конструкций в сооружении.*

**Ключевые слова:** *оптимальное планирование экспериментально-теоретических исследований, расчетная схема, напряженно-деформированное состояние конструкций, аппроксимация конструкций и условий работы, метод конечных элементов, коррекция расчетных схем и схем проведения эксперимента, многопроемная несущая стена каркасно-панельного здания, внешне статически неопределимая балка-стенка.*

*Basic principles of optimal organization of researches of building constructions working in composition the bearing systems of building are generalized in the article, taking into account the necessity of comparison of theoretical and experimental results on adequate basis. Methodology of mutual rapprochement of calculation charts and terms of realization of experiment offers with the observance of main principle - acceptable to practice accordance of charts of theoretical and experimental research to the actual terms of work of constructions in building.*

**Key words:** *optimum planning of experimental and theoretical researches, the settlement scheme, the intense deformed condition of designs, approximation of designs and working conditions, method of final elements, correction of settlement schemes and schemes of carrying out experiment, with multiple openings bearing wall of the frame and panel building, externally statically indefinable beam-wall.*

Как правило, проведение экспериментальных исследований вызывается

необходимостью подтверждения тех или иных предположений теоретического характера. Следует, однако, дифференцировать цели экспериментальных исследований в зависимости от того, какого рода теоретические результаты они призваны проверять.

В ряде случаев эксперимент может быть проведен для проверки результатов исследования, несколько абстрагированного от реальных условий работы строительных конструкций. Примером может служить классический анализ устойчивости стержня с абсолютно защемленными концами при осевом сжатии. Понятно, что для такого отвлеченного исследования совершенно необходимо, чтобы эксперимент был целиком подчинен условиям принятой расчетной схемы.

Гораздо чаще встречается другая разновидность экспериментальных исследований, когда они проводятся с целью проверки результатов теоретического анализа работы реальных (натурных) конструкций, функционирующих в составе несущих систем зданий и сооружений. В таком случае нельзя столь категорично, как в исследованиях первого рода, подчинять схему эксперимента расчетной схеме. Объясняется это рассмотренными ниже обстоятельствами.

При расчете реальных конструкций и сооружений составляют идеализированную расчетную схему, в которой принимаются различные упрощения, удобные для проведения анализа, но искажающие в какой-то мере истинный характер работы конструкций: принятие определенной формы нагружения (например, задание характера эпюры распределенной нагрузки), задание податливостей (или жесткостей) различных связей, предположение полного защемления или, наоборот, идеального шарнирного соединения и т.п.

Условия, принятые в расчетной схеме, иногда оказываются настолько жесткими, что удовлетворить им в эксперименте в полной мере в силу многих причин не представляется возможным. К таким причинам можно отнести: отсутствие соответствующего оборудования, невозможность получения требуемой прочности материала конструкции, различного рода технологические и конструктивные трудности, чрезмерные финансовые затраты.

Значительные сложности часто возникают и в случае, обратном рассмотренному, когда теоретическое исследование проводится с целью аналитического обоснования результатов эксперимента. В таком случае исследователь-теоретик обязан точно смоделировать в расчетной схеме условия проведения эксперимента. Если эксперимент поставлен произвольно, без учета необходимости последующего сопоставления его результатов с теоретическими исследованиями, то может оказаться, что принятые экспериментатором условия проведения испытаний невозможно в полной мере воспроизвести в расчете.

Таким образом, приведенные положения показывают, что отсутствие прямой и обратной связи при проведении экспериментальных и теоретических исследований реальных конструкций может вызвать (и часто вызывает) серьезные трудности, не позволяющие сопоставлять результаты этих исследований на адекватной основе. Это, в свою очередь, резко снижает ценность и

уровень достоверности полученной научной информации.

Возможный выход из этого положения предлагает изложенная ниже методика оптимального планирования экспериментально-теоретических исследований реальных конструкций, работающих в составе сооружений.

Принципиальные положения этой методики заключаются в следующем:

1. Теоретический анализ всегда должен предшествовать проведению эксперимента. Принятая первоначально расчетная схема должна, как можно полно, отражать действительные условия работы исследуемой конструкции. Наиболее гибким и универсальным средством исследования напряженно-деформированного состояния и прочности реальных (натурных) элементов и конструкций зданий и сооружений, позволяющим весьма точно аппроксимировать их конфигурацию, условия нагружения и прочие условия работы, являются в настоящее время различные модификации метода конечных элементов [1].

2. Следует провести тщательный анализ имеющихся возможностей для обеспечения соответствия условий эксперимента выбранной расчетной схеме, затем составить план-схему проведения эксперимента с максимально возможным приближением его условий ко всем существенным особенностям теоретической модели.

3. Выполнить сравнение расчетной схемы и плана проведения эксперимента. В случае необходимости откорректировать принятую ранее расчетную схему для обеспечения более полного соответствия ее схеме проведения испытаний, руководствуясь при этом главной целью - получить объективную информацию о поведении конструкции под воздействием нагрузок.

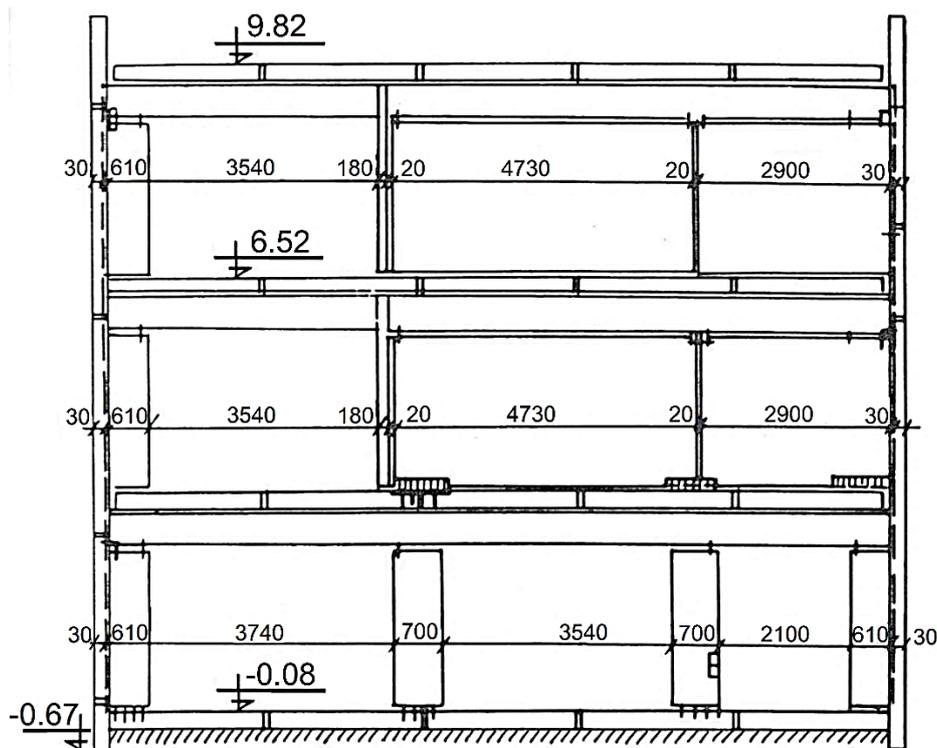
4. После максимального взаимного сближения расчетной схемы и схемы проведения эксперимента необходимо проверить степень соответствия откорректированной программы исследований реальной работе конструкции в составе сооружения. Если окажется, что в результате корректировки расчетная схема перестала отражать в необходимой мере истинные условия работы реальной конструкции, необходимо вновь изыскивать дополнительные возможности для большего приближения условий эксперимента к первоначально принятой расчетной схеме. Затем процесс коррекции повторяется до получения удовлетворительного результата.

Таким образом, идея методики сводится к тому, что, аппроксимировав вначале возможно точно исследуемую конструкцию и условия ее работы, необходимо затем изыскать средства для приближения к принятой расчетной схеме условий эксперимента. Однако это процесс обоюдный, поскольку, при невозможности точного экспериментального моделирования расчетной схемы, она, в свою очередь, корректируется с целью приближения к условиям проведения эксперимента, не выходя при этом за рамки первоначально определенной цели исследования. Критерием приемлемости окончательных схем исследования является их близкое соответствие истинным условиям работы натурных конструкций в составе сооружений.

В качестве достаточно удачного примера использования изложенных

выше принципов планирования экспериментально-теоретических исследований конструкций можно рассмотреть результаты исследования панельных балок-стенок [2], проведенных на экспериментальной базе ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. В рассматриваемом случае, согласно договору с заказчиком, необходимо было исследовать поведение панельных внешне статически неопределимых балок-стенок, работающих в составе несущей стены трехэтажного каркасно-панельного здания школы [3].

Первоначально предполагалось несущие панели второго и вышележащих этажей опереть на ригели рам первого этажа. Вся нагрузка от несущих панелей в этом случае должна восприниматься ригелями, а панели могут быть бетонными с конструктивной арматурой (рис. 1).



**Рисунок 1** - Реальная схема поперечной несущей стены типового каркасно-панельного здания серии 75

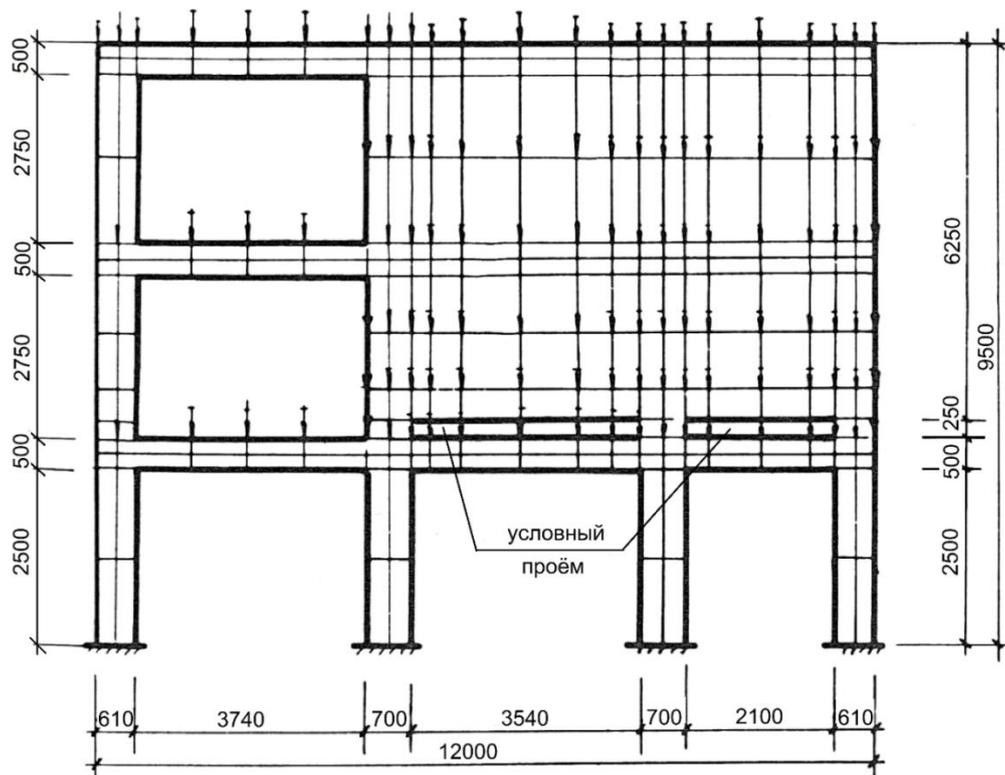
Проведенный предварительный расчет показал, что вследствие наличия большой перерезывающей силы указанные ригели, имеющие сплошной контакт с панелями, должны иметь очень большую по масштабам сооружения высоту (около 100 см). Это обстоятельство исключало возможность необходимого архитектурно-планировочного решения помещений первого этажа школы.

В связи с указанными затруднениями был рассчитан новый вариант внутренней несущей стены, в котором панель второго этажа опиралась непосредственно на стойки рамы, без контакта с ригелем. При этом учитывалось перераспределение усилий между панелями, работающими в качестве балок-стенок, и опорными рамами.

Результаты повторных расчетов показали возможность резкого снижения

высоты ригелей (до 50 см), что позволило преодолеть планировочные трудности. Новое инженерное решение потребовало полноценного научного обоснования с проведением экспериментально-теоретических исследований. При этом следовало обеспечить адекватность расчетной схемы и схемы эксперимента.

Наиболее близкой к реальным условиям была бы аппроксимация всей стены в виде трехъярусной модели (рис. 2).



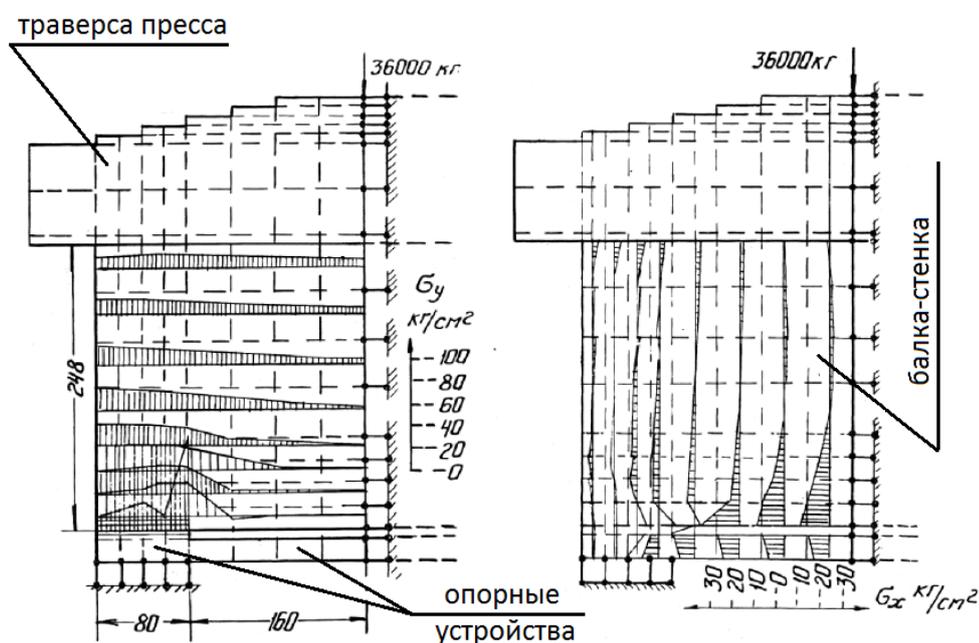
**Рисунок 2** - Расчетная схема поперечной несущей стены

Однако анализ показал, что имеющиеся технические возможности не позволят смоделировать аналогичную схему для проведения эксперимента. Принятие упрощенной расчетной схемы балки-стенки, вычлененной из плоской многопролетной системы и имеющей равномерную эпюру давления по своей верхней грани, также потребовало бы при проведении эксперимента использование сложной системы шарнирных нагружающих устройств, создающих равномерное давление на верхнюю грань.

Ввиду отсутствия возможности их изготовления, было решено испытать вычлененную балку-стенку, выполненную в масштабе 1:1, в имеющемся прессе ЦДМ-1200, (максимальное усилие гидроцилиндра 12000 кН). При этом имитация вертикальной распределенной нагрузки на верхнюю грань балки-стенки в уровне перекрытия второго этажа осуществляется при проведении эксперимента с помощью подвижной траверсы прессы, имеющей сплошной контакт с верхней гранью панели. Так как характер эпюры давления на верхнюю грань балки-стенки при испытании ее в прессе не известен

заранее, было решено рассчитать балку-стенку методом конечных элементов совместно с траверсой пресса (рис. 3). Одновременно с этим в расчетной схеме было учтено также влияние опорных рам, которые в эксперименте предполагалось имитировать металлической затяжкой и опорными бетонными призмами.

Конечным этапом планирования является, как было отмечено выше, проверка соответствия окончательной расчетной схемы реальным условиям работы панельной балки-стенки в здании. Проверке в этом смысле была подвергнута эпюра нагружения панели. Как показал расчет по описанной выше расчетной схеме, указанная эпюра несколько отличалась от равномерной, однако это отличие не было существенным. Таким образом, расчетная конечно-элементная модель «балка-стенка-траверса-опорные устройства» (рис. 3) была признана оптимальной, как в смысле реальной возможности ее экспериментального моделирования, так и в смысле достаточного соответствия истинным условиям нагружения и закрепления балки-стенки в реальном здании. Это позволило обеспечить корректное сравнение результатов исследований и получить вполне адекватную картину напряженно-деформированного состояния конструкции для использования научной информации в практических целях.



**Рисунок 3** - Картина распределения нормальных напряжений  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  во внешне статически неопределимой балке-стенке

#### **Вывод:**

Для рационального планирования экспериментально-теоретических исследований строительных конструкций с обеспечением адекватной основы для их сопоставления рекомендуется использовать изложенную выше методику взаимного сближения расчетной схемы и схемы проведения экспери-

мента. Критерием приемлемости указанных схем является их близкое соответствие друг другу и реальным условиям работы конструкции в составе сооружения. В рассмотренном конкретном случае данная методика позволила разработать и успешно внедрить в практику строительства новое инженерное решение несущих систем для типовых проектов жилых и общественных зданий с гибким первым этажом серии 75.

#### **Библиографический список:**

1. Магомедов М.Г., Пайзулаев М.М. Использование метода конечных элементов для теоретического моделирования поведения плоских бетонных систем // «Научное обозрение», 2015, №1. – С.77-80.
2. Магомедов М.Г. Напряженное состояние и прочность балок-стенок в каркасно-панельных зданиях. Канд. дисс. – М.: 1972. – 161 с.
3. Магомедов М.Г., Кащеев Г.В. Напряженное и деформированное состояние многопроемной несущей стены каркасно-панельного здания // Облегченные прогрессивные строительные конструкции. Труды ЦНИИСК им.В.А. Кучеренко. – М.1972 – Вып. 25. – С.100-108.

**УДК 624.011**

*Калиева М.Х., Мананов Р.М., Устарханов О.М.*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛЕЕФАНЕРНЫХ АРМИРОВАННЫХ БАЛОК**

*Kalieva M.H., Mananov R.M., Ustarkhanov O.M.*

### **EXPERIMENTAL STUDIES CLEANINIG REINFORCED BEAMS**

*Цель исследования заключалась в определении эффективности армирования клеефанерных балок металлической и пластиковой арматурой. Были проведены теоретические и экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния клеефанерных балок. Результаты исследований приведены в статье в виде графических зависимостей.*

***Ключевые слова:** армированная клеефанерная балка, экспериментальные исследования, стальная и стеклопластиковая арматура, напряжения, деформации, прогибы, графические зависимости.*

*The purpose of the study was to determine the effectiveness of reinforcement cleaninig beams of metal and plastic fittings. Were conducted theoretical and experimental investigations of stress-strain state cleaninig beams. In the article, in the form of graphic dependences of the research results.*