

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПАЛУБОЧНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОНОЛИТНЫХ И СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Марковский М.Ф., Шпак С.В., Бурсов Н.Г.

БелНИИС

Капитонов С.В.

КГПП «Минскпромстрой»

г. Минск, Беларусь

Зарубежный опыт монолитного строительства, в частности, опыт Германии, отчетливо показывает, что опалубочная техника и технология превратились в индустрию скоростного строительства различных объектов. Само производство опалубки и особенно ее дальнейшее конструктивное совершенствование идет различными путями в жесткой конкурентной борьбе между многими фирмами. Известно более 65 фирм, занимающихся разработкой, производством и обслуживанием опалубки. На последних международных строительных выставках в Берлине и Мюнхене в 1998 году выявились тенденции дальнейшего совершенствования опалубки и технологии ее применения.

Во-первых, на основе базовых опалубочных модулей (щит, панель, замок, опорно-регулирующие устройства, крепеж и т.п.) создается разветвленная сеть специализированных опалубок, таких как для перекрытия, круглых в плане сооружений, колонн, стен, с односторонними связями и т.п.).

Во-вторых, идет постоянное совершенствование замков в плане повышения их надежности и долговечности. Поиском конструктивно-технологических решений опалубочных элементов занимаются все ведущие фирмы, и это направление интенсивно развивается.

Третье направление составляет разработка путей повышения качества опалубки и, естественно, качества лицевых поверхностей бетонных конструкций. При этом самое пристальное внимание уделяется снижению трудоемкости опалубочных работ.

И, наконец, четвертое направление - совершенно новое - обнаруживается в последнее время и состоит в поиске альтернативного материала опалубки - финской фанеры.

БелНИИС активно занимается разработкой конкурентоспособной опалубочной техники для массового вида монолитных конструкций. Любая опалу-

бочная техника должна обладать необходимыми технологическими характеристиками. Качество и надежность опалубочной техники во многом определяется ее фактическими параметрами, такими как несущая способность и деформативность. Поэтому проводятся комплексные испытания натуральных образцов опалубки по специальной методике, которые подтверждают или опровергают работоспособность конструкции опалубки, ее отдельных узлов и крепежных элементов.

Целью настоящих исследований является:

- определение фактической несущей способности щитов опалубки МОДОСТР и МОДОСТР-КОМБИ;
- выявление фактической расчетной схемы работы опалубочных крепежных элементов;
- установление фактической деформативности опалубки;
- апробирование методики испытаний опалубочных элементов;
- исследование работоспособности комбинированного щита опалубки с финской фанерой;
- проверка прочности отдельных узлов и деталей опалубки;
- выявление ослабленных узлов и деталей опалубки и др.

Основные экспериментальные исследования выполнены отделом экспериментальных исследований строительных конструкций БелНИИС на опытной базе института. Кроме того, авторами опалубки проводится научное сопровождение опытного внедрения опалубки МОДОСТР и МОДОСТР-КОМБИ организацией СУ-21 КПП «Минскпромстрой» на строительстве жилого дома по ул. Варвашени в г. Минске. Для проведения испытаний изготовлены специальный нормоконструкция опалубки и крепежа, включающий стальные щиты опалубки МОДОСТР, отдельный каркас и щиты опалубки МОДОСТР-КОМБИ с палубой из финской фанеры толщиной 12мм, замки-зажимы и тяжи различной конструкции.

Методика испытаний опалубочных элементов заключалась в ступенчатом нагружении по схеме, наиболее близко отвечающей реальной работе конструкции с фиксацией деформаций и повреждений опалубки. Базовый щит размером 1,2 x 0,9 м испытан по схеме плиты, опирающейся по четырем углам: одна опора неподвижная шаровая, две – катковые и одна – подвижная шаровая. Распределенную нагрузку заменяли системой сосредоточенных сил и передавали на палубу щита в восьми точках через стальные балки, шарнирно опирающиеся друг на друга. Моделирование точности опирания щита вполне соответствует реальной передаче на-

зки от бетонной смеси на опалубку и далее на тяжи. Во время загрузки изменяли прогибы в середине пролета и поперечных ребер прогибомерами с ценой деления 0,01 мм, величину осадки опор — индикаторами с ценой деления 0,01 мм с. 1). Для отдельного испытания стальной палубы щита загрузку производили на участке 0,5 x 0,5 м, в центре которого находилась ячейка 0,3 x 0,3 м, ограниченная поперечными и продольными ребрами.

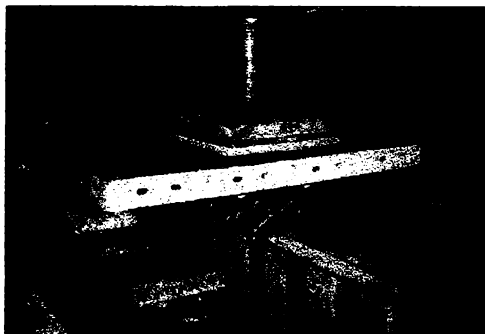


Рис. 1. Схема испытания щита опалубки МОДОСТР

Как известно, опалубка предназначена для бетонирования конструкций, к поверхности которых не предъявляются повышенные требования, в основном, скрытых поверхностей конструкций. Допускаемый прогиб для таких опалубок составляет 1/200 пролета. Конструкция щита опалубки выполнена в каркасном варианте с взаимнопересекающимися ребрами, т.е. представляет собой стину, подкрепленную ребрами различной жесткости. Максимальный прогиб в щите опалубки МОДОСТР размером 900x1200 мм при равномерно-предельной нагрузке  $q = 50$  кПа достигнут в продольном ребре  $f_1 = 6$  мм (00 L), в то время как прогиб в поперечных ребрах составляет  $f = 1,55$  мм (80 B) (рис.2). Прогиб стальной палубы, опертой по контуру на четыре ребра, в этой нагрузке составил  $f = 1,2$  мм (1/250  $l_1$ ). Несущая способность опалубки сделана из условия прогиба 1/200 пролета по диагонали щита с учетом прогиба ребер и палубы и составляет 45 кПа.

Вместе с тем, вызывает научный интерес сопоставление расчетных и фактических значений прогибов в соответствии со схемой загрузки в эксперименте. Рассматривались три варианта расчетного приведенного сечения щита: в работе участвуют только два продольных несущих ребра; в работе участвует полное сечение щита, включающего ребра и палубу;

3. в работе участвуют продольные ребра и часть примыкающей к ребрам палубы на величину  $b$  с каждой стороны ребра / 1 /:

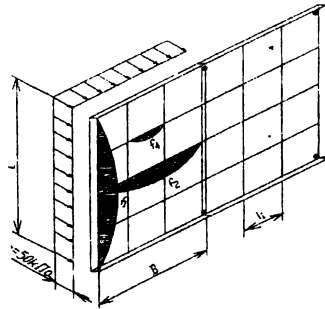


Рис.2.Схема деформации каркасного щита опалубки МОДОСТР

$$b = \sqrt{\frac{E}{R_m}}, \quad (1)$$

где  $E$  - модуль упругости стали;

$R_m$  - предел текучести стали.

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных по прогибам показывает, что модель 3) наиболее адекватно описывает работу щита под равномерно распределенной нагрузкой.

Замки-зажимы отдельно испытывали на действие растягивающих усилий. При этом варьировали плечо приложения. Исчерпание несущей способности фиксировали по появлению необратимых пластических деформаций в губках замка. Расчетное растягивающее усилие ( $P$ ) в замках-зажимах следует определять по следующей эмпирической формуле:

$$P = 0,076hR \frac{\delta_z}{\delta_p}, \quad (2)$$

где  $h$  - высота рабочего сечения замка;

$\delta_z$  - толщина замка;

$\delta_p$  - толщина ребра опалубки;

$R$  - расчетное сопротивление стали замка.

Принятая конструкция замка-зажима выдерживает растягивающее усилие 5 кН (500 кгс).

Опалубка МОДОСТР-КОМБИ также выполнена в каркасном варианте, но с лубой из водостойкой фанеры. Деформативность опалубочного щита при рас-тной нагрузке составляет:

- для продольных ребер –  $f_1 = l_1/400$  при  $q = 67$  кПа;
- для поперечных ребер -  $f_2 = B/400$  при  $q = 65$  кПа.

Несущая способность щита при гарантированной суммарной деформатив-ности, не превышающей  $1/400$  пролета, составляет 50 кПа.

В результате испытаний комбинированной опалубки установлено, что па-уба из финской фанеры частично включается в совместную работу с каркасом, м самым обеспечивая повышение несущей способности щита на 20 %. Час-ичное включение палубы объясняется тем, что при больших нагрузках проис-ддит сминание фанеры под крепежными шурупами.

Одна из ключевых позиций в любой опалубочной системе принадлежит жам, от надежности которых зависим работоспособность самой опалубки. ами отработывалось несколько вариантов конструкции тяжа, в которых варьи-вались диаметр, марка стали, диаметр резьбы хомута и резьба гайки. В ходе ытных проработок за основу принят тяж из арматурной стали А-III с расчет-ым сопротивлением на растяжение 390 мПа, что в 1,85 раза прочнее стали ст.3. рматурная сталь поддается токарной обработке, сваривается и по стоимост иближается к обычной стали ст.3. Испытания проводили на гидравлической зрывной машине, фиксируя наконечник и гайку тяжа, что соответствует его йствительной работе в опалубке.

Экспериментально определены следующие параметры тяжа:

- диаметр тяжа  $\varnothing 18$  мм;
- внутренний диаметр резьбы рабочей гайки и тяжа  $\varnothing 14,4$  мм;
- наружный диаметр резьбы  $\varnothing 17,1$  мм;
- шаг рабочей резьбы 10 мм;
- длина рабочей гайки 40 мм;
- диаметр опорной шайбы  $\varnothing 80$  мм;
- толщина опорной шайбы 6 мм.

При таких параметрах разрыв тяжа происходит по наиболее слабому се-ению – по рабочей резьбе. Экспериментально установлено, что разрывное уси-е составляет 12,2 тн. Расчетное усилие на тяже определяется по формуле

$$N_T = R \left( \frac{\pi d_b^2}{4} + F_P \right), \quad (3)$$

где  $d_b$  - внутренний диаметр рабочей резьбы троса;

$F_P$  - площадь витка резьбы троса.

Для диаметра троса  $\varnothing 18$  расчетное усилие троса составляет

$$N_T = 4000 \cdot 1,688 = 6700 \text{ кг или } 67 \text{ кПа.}$$

Авторами разработана также принципиально новая конструкция крупнощитовой опалубки с палубой из водостойкой фанеры. В качестве несущих ребер впервые применены решетчатые балки с податливыми связями, что позволяет обеспечить универсальность крепежа, возможность навески дополнительных элементов и высокую технологичность и точность изготовления.

Базовые щиты размером 2,7 x 1,2 и 2,7 x 2,4 м испытаны по схеме плиты, опирающейся на шесть точек (в местах крепления тяжей) на шаровые опоры (рис. 3). Распределенную нагрузку заменяли системой сосредоточенных сил и передавали на каркас и палубу щита через стальные балки, шарнирно опирающиеся друг на друга. Моделирование точности опирания щита вполне соответствует реальной передаче нагрузки от бетонной смеси на опалубку и далее на тросы.

Общая схема деформирования элементов щита, приведенная на рис. 4, позволила установить несущую способность крупнощитовой опалубки, равную 5 кПа при деформативности 1/400 пролета. Также установлено, что палуба из финской фанеры обеспечивает увеличение несущей способности стального каркаса на 15 %.

Одной из базовых опалубок разрабатываемой в институте системы МОДОСТР является специализированная опалубка-стол для бетонирования монолитных перекрытий. Поэтому, с целью определения ее несущей способности и деформативности, был изготовлен натурный образец опалубки-стол и проведены его комплексные испытания (рис. 5), которые должны были подтвердить или опровергнуть работоспособность конструкции опалубки, отдельных узлов крепежных элементов, а также выявить их слабые места, если таковые имеются.

Кроме того, отдельно был испытан домкратный узел опорной системы опалубки-стол на действие вертикальной нагрузки. Домкратный узел испытывали при максимальной величине хода домкрата на прессе П-125 и контролировали изгиб стержня домкрата в двух уровнях индикаторами ИЧ-10.

Методика испытаний заключалась в ступенчатом нагружении по схеме, наиболее близко отвечающей реальной работе конструкции с фиксацией деформации

и поврежденных элементов опалубки. В процессе нагружения опалубки-стол нагрузка от домкрата передавалась на четыре стойки, причем максимальное ее значение для одной стойки составило 5000 кг, что превышает нагрузку, которой подвергается стойка в реальных условиях стройки (исходя из максимальных значений площадки формообразующего стола, равной  $4,3 \times 3 \text{ м} = 12,9 \text{ м}^2$ ).

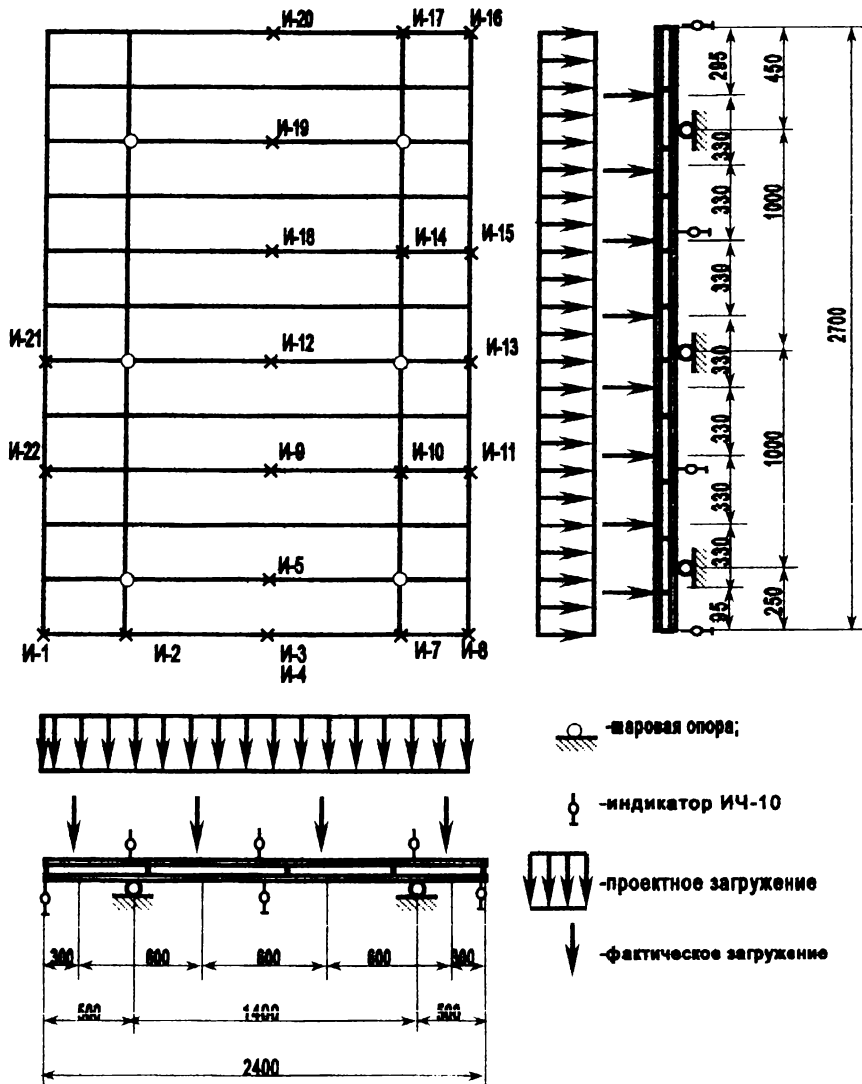


Рис.3. Схема испытания стального каркаса 2.7x2.4 м на изгиб

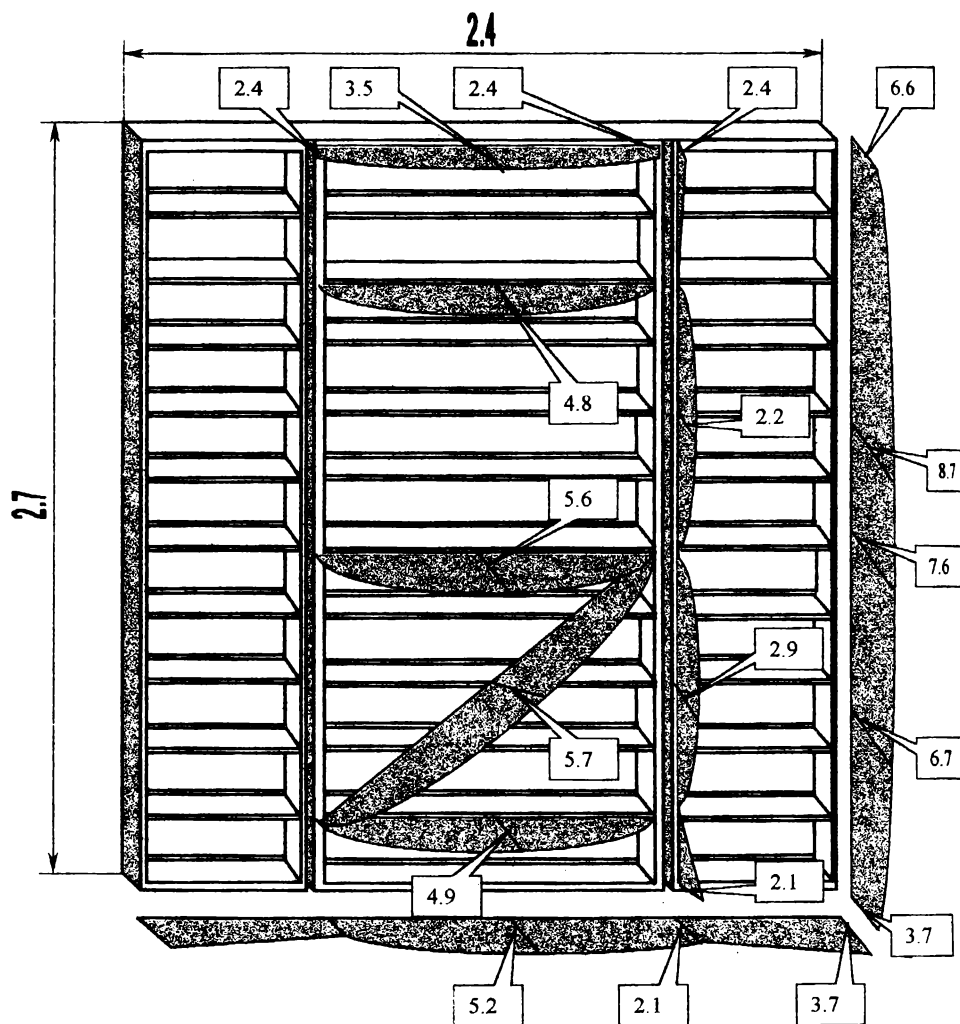


Рис.4.Общая картина деформации элементов комбинированного щита 2.7x2.4 м



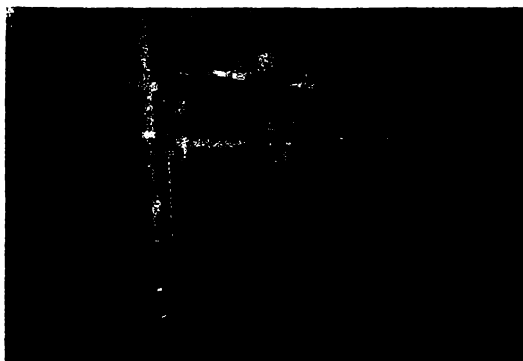


Рис.5.Силовые испытания опалубки.

Жесткость всей пространственной системы опалубки-стол зависит от жесткости и устойчивости горизонтальных и наклонных связей (рис. 6). Устойчивость этой пространственной системы контролировалась приборами, установленными по верху опорных стоек, показания которых свидетельствуют о весьма незначительном (0,37 мм) смещении верха стойки от первоначального положения, вызванном наличием люфта в болтовых соединениях связей.

По результатам испытаний установлено следующее.

Конструкция опорной системы опалубки обеспечивает высокую прочность, жесткость и устойчивость при нагрузках до  $1500 \text{ кг/м}^2$ .

Гарантированная несущая способность винтового домкрата составляет 5 тс при коэффициенте перегрузки 1,5).

Болтовые соединения подкосов опорной системы имеют повышенный люфт, который необходимо устранить.

Опалубочная система успешно внедряется на многих стройках Москвы и области при строительстве монолитных зданий и отдельных монолитных конструкций [2,3,4]. Авторами также разработана гибкая опорная система башенного типа для возведения сборно-монолитного каркаса и монолитных ригелей (рис. 7). Система успешно внедрена при строительстве сборно-монолитного каркаса в Москве и жилых зданий в Гомеле и Новгороде.

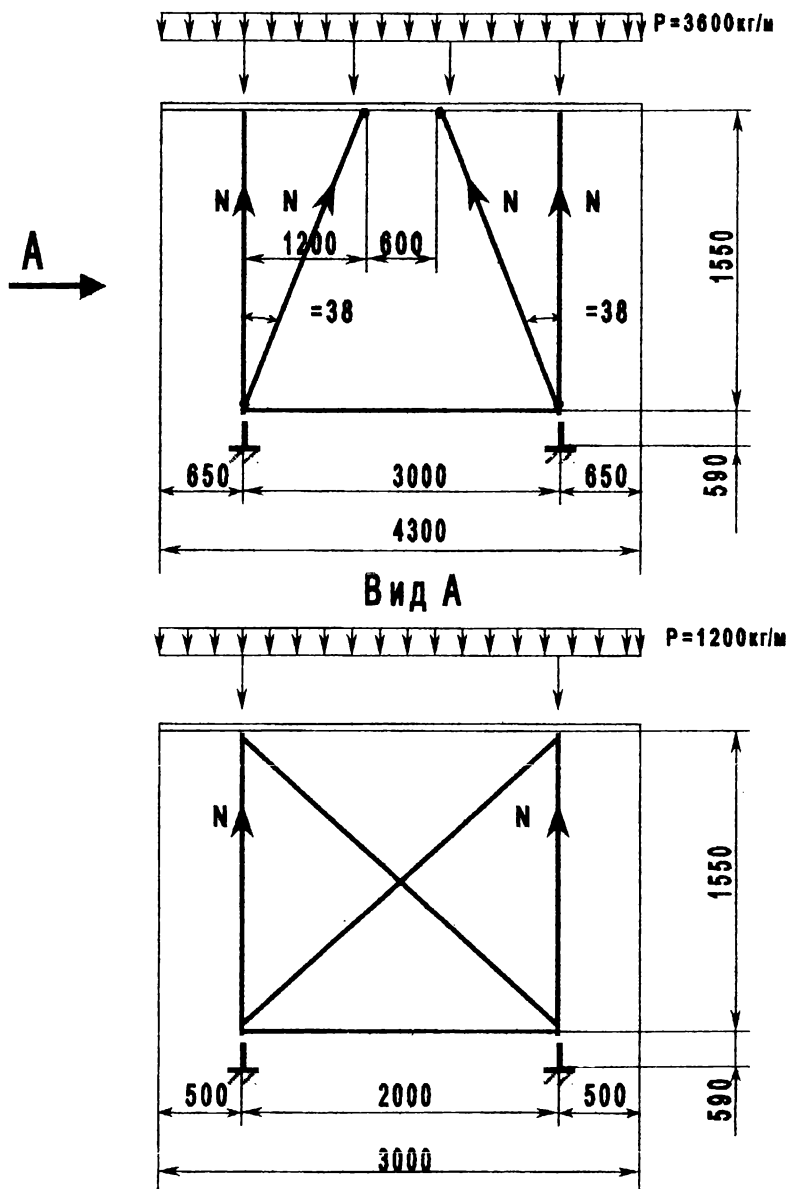


Рис.6.Расчетная схема опорной системы опалубки-стол.



Рис.7. Опорная система бапенного типа.

Одна из последних новинок опалубочной системы МОДОСТР – опалубка и опорная система для возведения монолитных участков сборного перекрытия, которая осваивается впервые в СУ-21 КПП «Минскпромстрой». Эта опалубка включает телескопические стойки, треноги, решетчатые балки новой конструкции, комбинированные облегченные щиты с деформируемым верхним слоем палубы, не имеющие аналогов.

Авторский коллектив работает также над созданием совершенно новой водостойкой пластиковой палубы с низкими антиадгезионными свойствами.

#### Литература

1. Стальные конструкции производственных зданий. Справочник / А.А.Пилов и др. – К.:Будивельник, 1986.-с.133-140.
2. Марковский М7Ф7 Новая опалубочная система: реальность и перспектива. //Современные конструктивно-технологические системы зданий и строительные материалы. -Минск.;БелНИИС,1997.-с.32-35.
3. Марковский М.Ф. и др. Технологические возможности системной опалубки для монолитного каркаса. – Там же, с. 36-40.
4. Марковский М.Ф. и др. Технологические аспекты создания и применения новой опалубочной системы // Инженерные проблемы современного бетона и железобетона /Технология сборного и монолитного бетона и железобетона.- Минск, 1997.- с. 154-164.