

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРУШЕНИЯ УСПЕНСКОГО КАФЕДРАЛЬНОГО СОБОРА В Г. ОДЕССЕ

Голубков В.Н., Колесников Л.И.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Кратко излагается конструктивное решение здания Успенского собора, причины деформаций и разрушения его основных несущих конструкций, а также проектное решение, обеспечившее прекращение осадок Собора, дальнейшее незначительное увеличение которых привело бы к обрушению этого уникального здания.

Здание Собора представляет собой пилонно-сводчато-купольную систему.

Основными несущими конструкциями Собора являются 4 внутренних пилона и ограждающие конструкции – стены.

Все пилоны, стены, арки и своды выполнены из камня-ракушечника, толщина стен – 2,5 м.

Внутренние пилоны имеют сложную конфигурацию в плане, площадь их поперечного сечения около 7,5 м² (рис. 1).

Нижний храм перекрыт крестовыми каменными сводами на подпружных арках малого подъема.

Проведенные инженерно-геологические изыскания показали, что под насыпным слоем, мощностью около 1 м, залегает светло-бурый суглинок, подстилаемый сильнопросадочным лессом, являющимся основанием фундаментов пилонов и стен Собора. Коэффициент его относительной просадочности $\varepsilon_{sl} = 0,085$ при $\sigma = 400$ кПа. Мощность лессов, подстилаемых красно-бурым

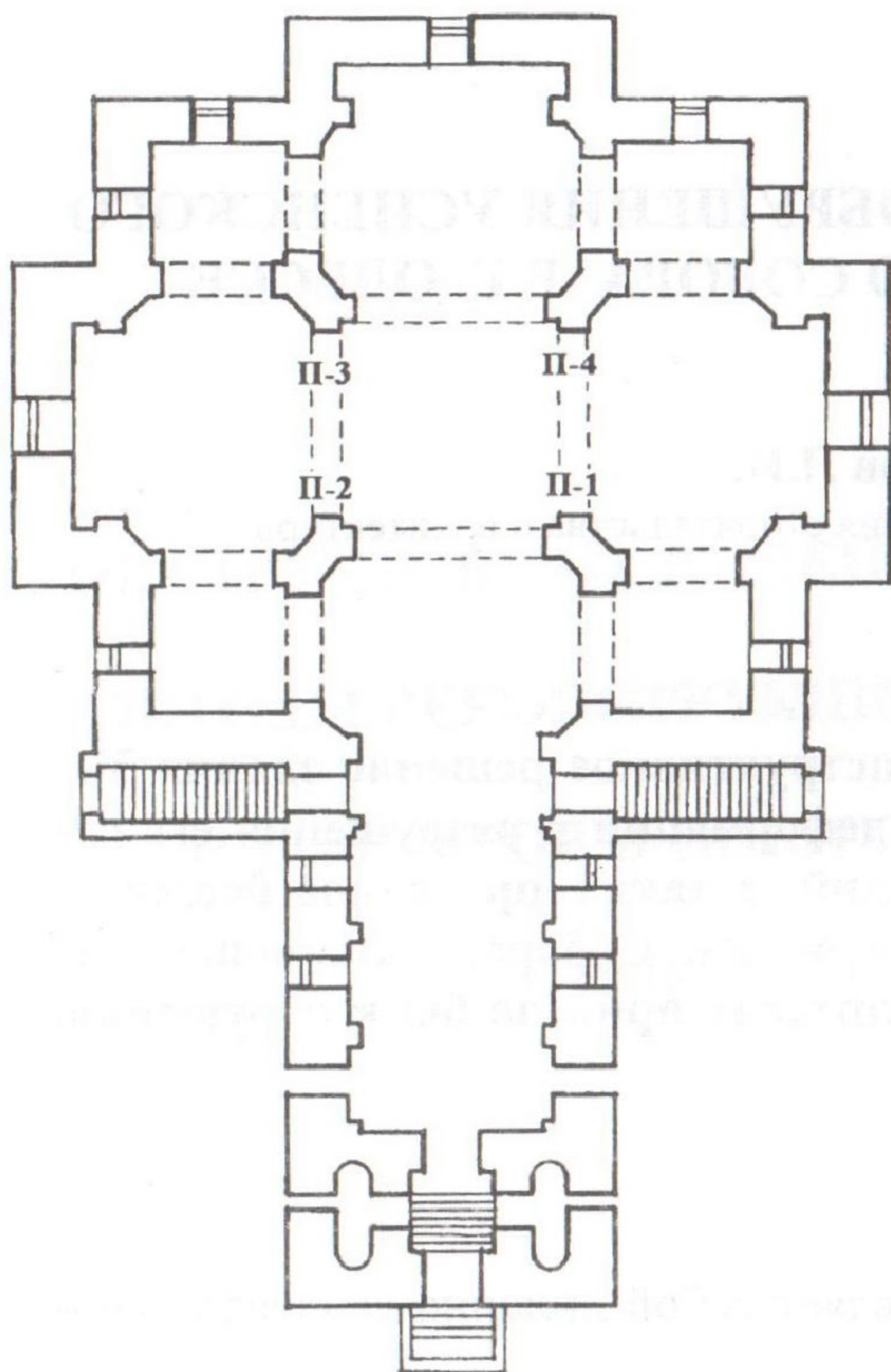


Рис. 1. План Нижнего храма.

тельно отставали от осадок пилонов.

В период интенсивного нарастания осадок пилонов, геодезические наблюдения за которыми были начаты только 04.03.1965 г., начали происходить: разрыв кладки в различных частях несущих конструкций, выпадение камней в арках, образование трещин в перекрытиях и др.

В результате больших осадок пилонов и незначительных осадок стен произошел сильный наклон всех четырех боковых куполов Собора в сторону центрального купола, а левый алтарный купол пришлось срочно укрепить бандажами.

За прошедший с начала геодезических наблюдений период, т.е. за 1 месяц, до начала которого основные несущие конструк-

суглинком, более 4-х метров.

В результате замачивания просадочных грунтов основания, которое начало происходить в феврале 1965 года, фундаменты здания Собора стали давать осадки, особенно интенсивно они стали развиваться в Восточной части Собора, наибольшие осадки стали давать фундаменты четырех центральных пилонов, вследствие чего арки, опирающиеся на эти пилоны, а также барабаны получили значительные деформации.

Осадки стен, на которые опираются наружные арки, значи-

ции здания Успенского Собора уже получили значительные деформации, осадки продолжали интенсивно развиваться и носили незатухающий характер: их величина для пилонов № 1 и № 4 достигла 14...15 мм, а для пилонов № 2 и № 3 – 23...28 мм (рис. 2).

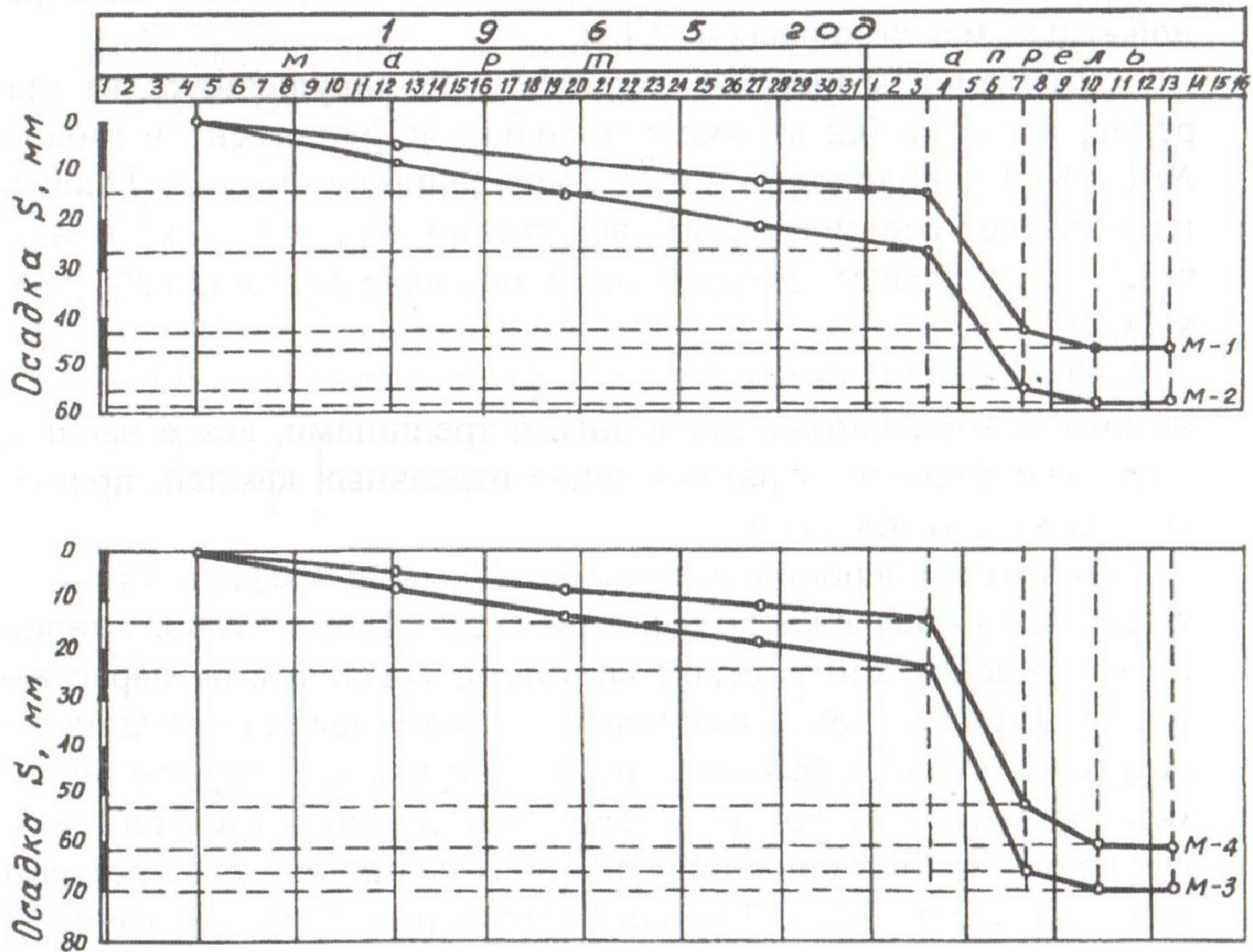


Рис. 2. Графики осадок геодезических марок пилонов.

Вследствие этого, процесс деформаций и разрушения главных элементов несущих конструкций прогрессировал.

Устанавливаемые в наиболее опасных местах маяки рвались менее чем через сутки, разрыв кладки и барабанов сопровождался сильным треском и выстрелами, из арок стали вываливались камни и др.

Проводящиеся в этот период постоянные осмотры и обследования состояния несущих конструкций показывали, что к концу марта месяца деформации несущих конструкций приобрели

угрожающий характер, и срок жизнеспособности здания Собора, по нашим оценкам, не превышал 2 – 3-х недель.

После срочной отрывки котлованов при вскрытии фундаментов взору представилась весьма печальная картина.

Подошва фундаментов каждого из четырех пилонов находилась на разных отметках, минимальная из которых была равной -1,0 м, максимальная – -2,1 м.

Фундаменты пилонов выполнены из ракушечника, их уширение, всего на 0,2 м, имелось только у фундаментов пилонов № 1 и № 4, у пилонов № 2 и № 3 уширений не имелось. Площадь их подошвы составляла, соответственно, $A_{1,4} = 12,2 \text{ м}^2$ и $A_{2,3} = 7,53 \text{ м}^2$, а среднее давление по их подошве достигало $P_{1,4} = 400 \text{ кПа}$ и $P_{2,3} = 790 \text{ кПа}$.

Фундаменты имели большой физический износ и были пронизаны вертикальными наклонными трещинами, везде наблюдались выветривание и раздробление отдельных камней, происходило смятие углов кладки.

В этот же период в особенности большие деформации получила подпружная арка, поддерживающая купол у второго пилона. В создавшейся критической ситуации, когда темпы нарастания осадок фундаментов и интенсивность разрушения несущих конструкций привели здание Собора на грань его обрушения, момент приближения которого исчисляли днями, было принято решение о срочном усилении фундаментов пилонов и усилении пилонов на высоту 2,2...2,3 м выше уровня пола Нижнего храма.

Усиляющая конструкция фундаментов и пилонов была принята в виде контурной железобетонной обоймы, рассчитанной на сложную пространственную работу, в том числе и на гашение больших горизонтальных распорных усилий.

Каждая железобетонная обойма, общая высота которой в зависимости от глубины подошвы фундаментов пилонов составляла 3,1...4,0 м, была разбита на участки (ярусы), состоящие из 7-ми контурных рандбалок, конструктивное сопряжение которых с кладкой пилонов начиналось только с рандбалки № 3, т.е. выше уровня пола нижнего Храма (рис. 3).

Величина уширения по периметру фундаментов пилонов, которое образовалось за счет устройства контурной фундамент-

ной балки первого яруса, составила для фундаментов, не имеющих обреза, — 1,0 м (левые пилоны), а для пилонов, фундаменты которых имели обрезы, — 0,8 м.

В результате уширения фундаментов пилонов среднее давление по подошве всех пилонов снизилось до $P_{cp} = 230$ кПа.

Сразу же после отрывки котлованов, которая была произведена 3 апреля, вследствие снятия пригрузки и бокового давления грунта на полуразрушенные фундаменты пилонов, интенсивность осадок фундаментов пилонов резко возросла и до 07.04.1965 г. оставалась неизменной.

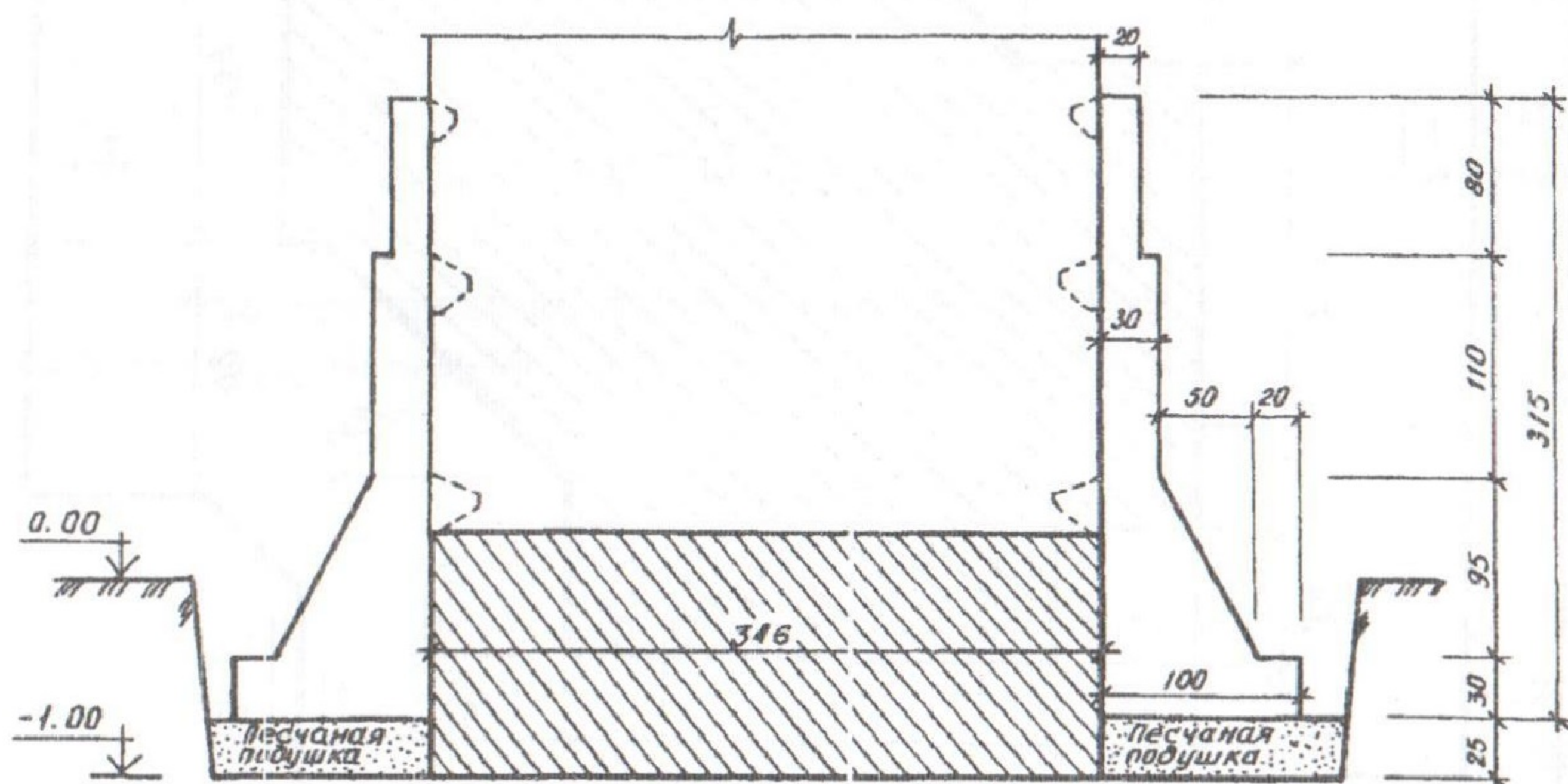
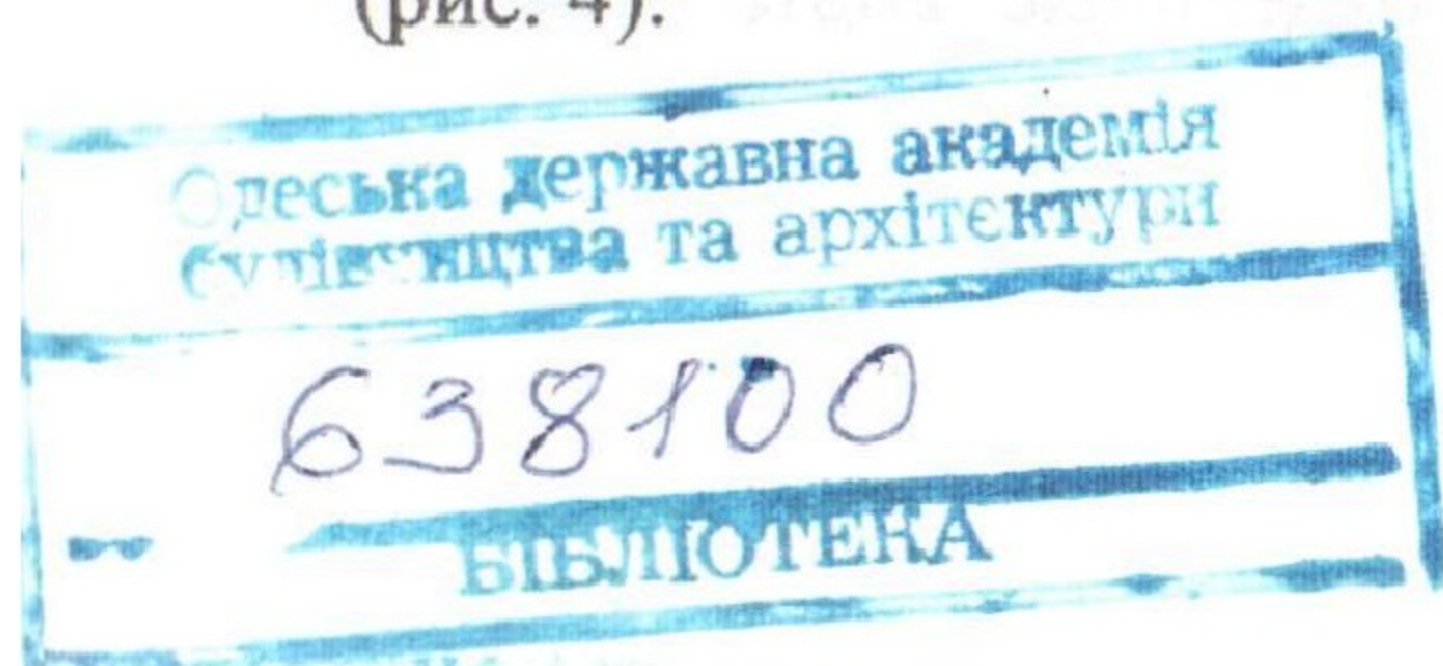


Рис. 3. Конструкция контурной железобетонной обоймы.

Частичная временная компенсация грунтовой пригрузки основания производилась путем незамедлительного после отрывки котлована устройства песчаной подушки и немедленного устройства рандбалки № 1 (первого яруса), которая вызывала горизонтальное обжатие кладки пилона на этом участке.

В этот период времени, т.е. с момента вскрытия фундаментов и до 06.04.1965 г., т.е. за 3 суток, было выполнено в авральном темпе бетонирование монолитных железобетонных рандбалок 1-го яруса всех пилонов (железобетонных обойм), являющихся главными элементами уширения фундаментов пилонов (рис. 4).



уменьшению опасности обрушения здания Собора: устройство бандажей фундаментов и раскрепление их боковых граней, противостоящие раскалывающим воздействиям больших напряжений в кладке фундаментов; укрепление левого алтарного купола; усиление подпружных арок бандажами; удаление и замена разрушившихся камней; инъектирование цементным раствором разрушившейся кладки фундаментов пилонов и др.

К этому времени, вследствие больших и неравномерных, осадок несущих конструкций и, в особенности, пят арок, на которые опираются центральный и четыре боковых барабана, произошел большой наклон боковых куполов в сторону центральной оси.

После устройства и упрочнения бетона рандбалок № 1 первого яруса, производилось поочередное бетонирование следующих участков контурной обоймы.

Обратная засыпка пазух производилась сразу же после устройства рандбалок № 1 и № 2.

Выводы

1. Деформация пилонно-сводчато-купольной системы Успенского Собора выразилась в больших и неравномерных между собой и относительно стен осадках внутренних пилонов и, частично, стен, которые привели к раскрытию швов арочно-купольных элементов.

Особо резкое развитие деформаций и разрушение кладки имело место в цилиндрическом куполе и крестовых сводах левой алтарной части Собора в связи с наибольшей осадкой несущего левого алтарного пилона.

2. Значительным и неравномерным осадкам пилонов и других несущих конструкций способствовал ряд факторов: замачивание сильнопросадочных лессовидных супесей, слагающих основание фундаментов Собора; чрезмерно малая площадь подошвы фундаментов пилонов; недопустимо большие давления по их подошве; большая разница удельных давлений между пилонами № 1 и № 4 и пилонами № 2 и № 3 и, наконец, большая чувствительность к неравномерным осадкам несущих конструкций Со-

бора.

3. Одними из важных факторов, обеспечивших проведение работ по предотвращению обрушения здания Собора, были высокие качество и производительность всех видов работ, которые выполнялись, вследствие их специфики и большого заглубления Нижнего Храма, вручную и круглосуточно, и, наконец, то, что все технологические операции производились параллельно и одновременно на все четырех пилонах Собора, вследствие чего процесс уширения фундаментов не вызвал дополнительных неравномерных осадок пилонов.

Так, вскрытие всех фундаментов было произведено менее, чем за сутки, а устройство песчаной подушки, монтаж арматурных каркасов и бетонирование рандбалок первого яруса за 48 часов.

4. Разработанное и реализованное в период самого критического состояния несущих конструкций решение по усилению фундаментов пилонов Успенского кафедрального Собора в сложившейся ситуации было единственно правильным, т.к. оно позволило не только предотвратить обрушение уникального сооружения, но и избежать гибели сотен людей как под руинами Собора, так и на окружающей его территории с очень плотной ее застройкой.

Справка

1. Все работы выполнялись верующими, специальные работы (армирование, устройство опалубки и штраб, бетонирование и др.) производились бригадой метростроевцев из г. Москвы под руководством патриаршего инженера П.И. Булычева.

2. Председатель Исполнительного органа Успенского Собора С.П. Брюховецкий за участие в спасении храма был награжден Патриархом Алексием орденом «За церковные заслуги».

3. Научному и техническому руководителю работ по разработке и реализации противоаварийных мероприятий был вынесен строгий партийный выговор с занесением в личное дело, затем он был уволен с работы.