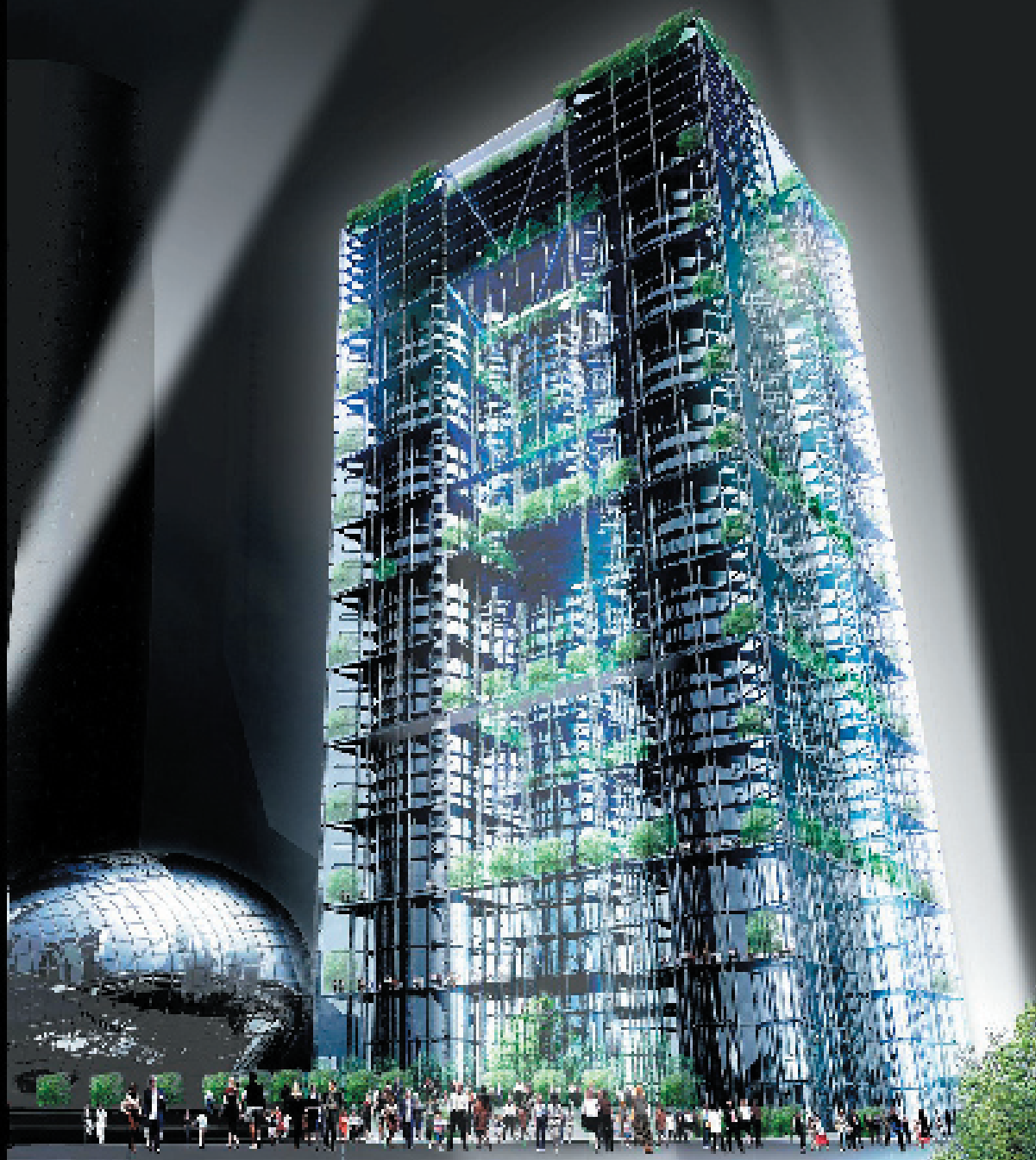
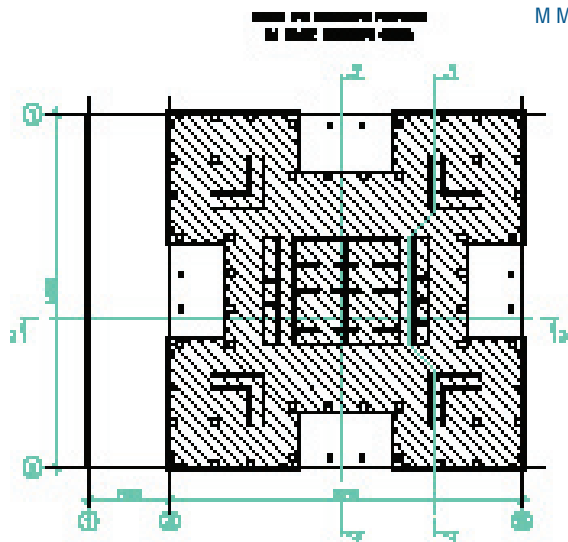




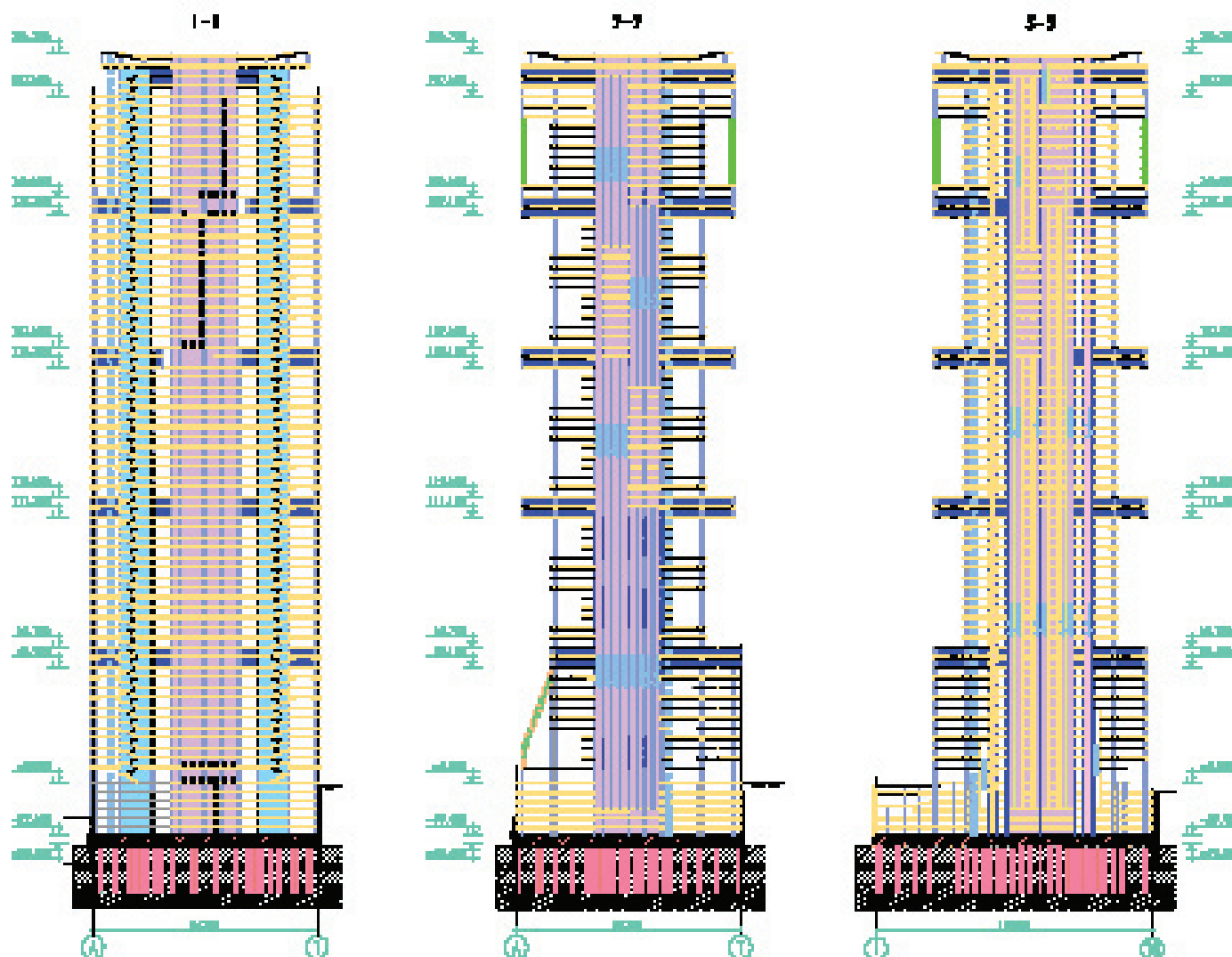
ФУНДАМЕНТ для НОВОЙ МЭРИИ

Строительство делового центра «Москва-Сити» идет полным ходом. 8–10 февраля 2008 года было осуществлено бетонирование первой захватки фундаментной плиты главного корпуса Комплекса административных зданий законодательной и исполнительной власти города Москвы на участке № 15 ММДЦ «Москва-Сити».



Нагрузки на здание принимались по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», МГСН 4.19-05 «Многофункциональные высотные здания и комплексы», а также по технологическим заданиям смежных проектных организаций. Вес всех железобетонных конструкций, включая вес фундаментной плиты, составляет около 830 тыс. тонн; с учетом отделочных материалов, оборудования и полезных нагрузок общий вес здания – примерно 1,3 млн тонн. Такие нагрузки вызывают усилия в колоннах нижних этажей, достигающие 15 тыс. тонн. Усилия от колонн и стен ядра жесткости воспринимает и передает на свайное основание фундаментная плита толщиной 4 м, под которой выполнено основание из свай диаметром 1500 мм, длиной 20 м в более нагруженных

Рис. 1. Общий вид несущих конструкций здания на участке №15



3

даниеновой мэрии имеет 72 надземных и 6 подземных этажей. Отметка верха здания – 308,4 м, отметка пола 6-го подземного этажа –22,2 м (рис. 1). Габариты в плане подземной части 117,9 95,2 м, надземной – 97,1 97,1 м. Вертикальные несущие элементы здания – стены толщиной от 400 до 800 мм, образующие центральное и угловые ядра жесткости, а также колонны, расположенные по периметру.

местах и диаметром 900 мм и длиной 17 м – в менее нагруженных.

Такое сочетание габаритов сооружения и действующих нагрузок ставит конструкцию фундамента здания новой мэрии Москвы в разряд уникальных.

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Для определения осадок фундамента, усилий в плите (нормальные силы N_x , N_y , изгибающие моменты M_x , M_y и поперечные силы Q_x , Q_y), напряжений

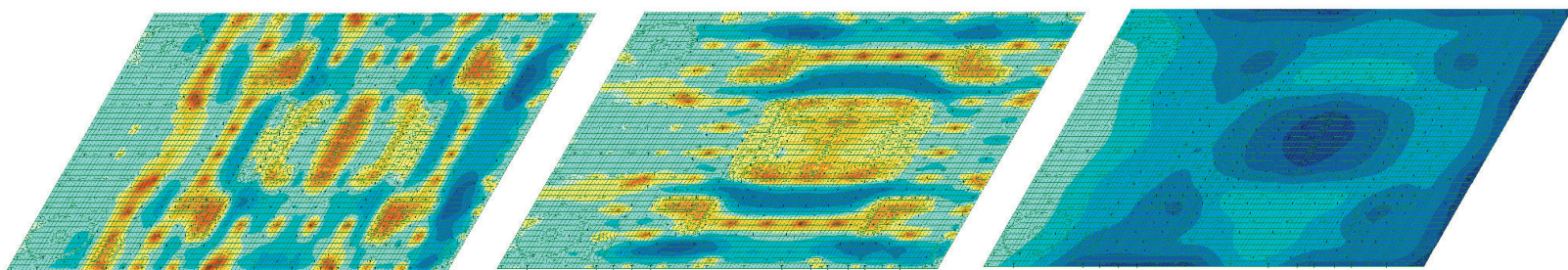


Рис. 2а. Изополя изгибающих моментов M_x Рис. 2б. Изополя изгибающих моментов M_y Рис. 3. Изополя осадки фундаментной плиты

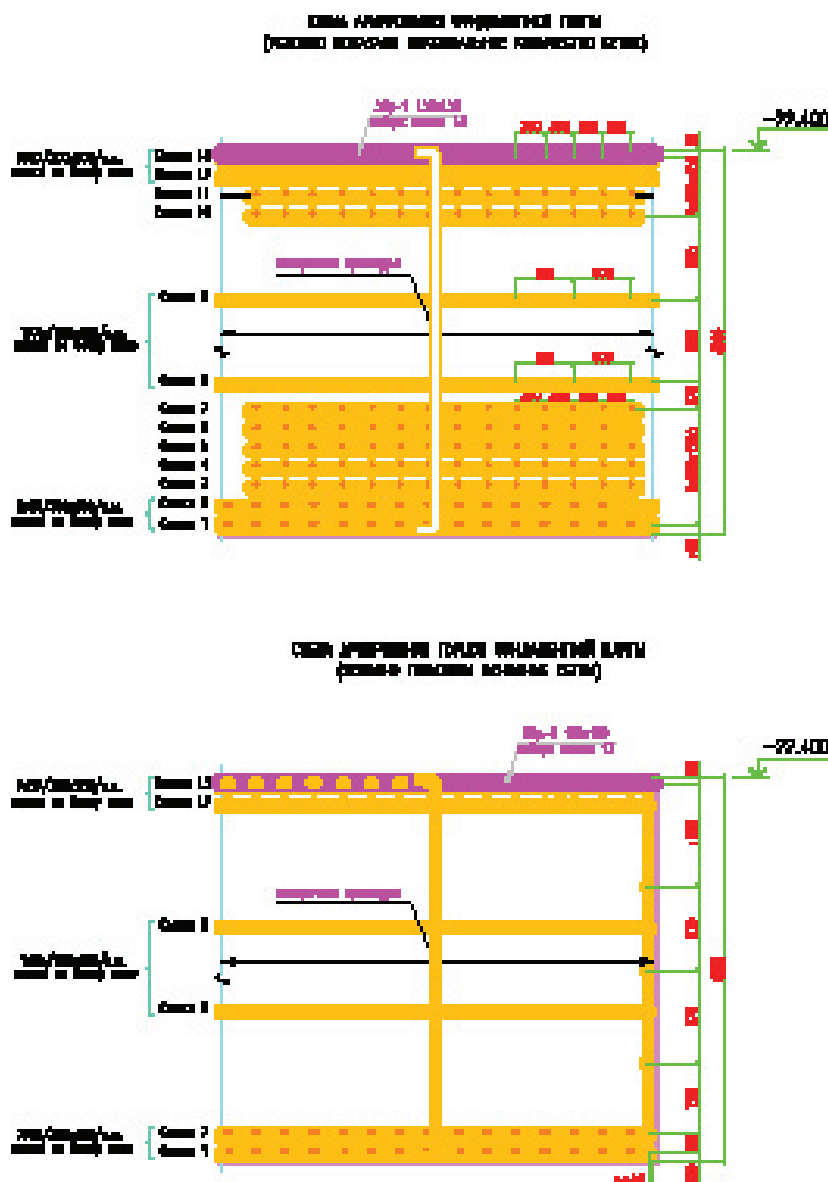


Рис. 4.
Схема армирования
фундаментной плиты

под фундаментной плитой, а также продольных и поперечных сил, передаваемых на буронабивные сваи, использовался программный комплекс «Лира 9.4».

Расчет был выполнен в пространственной постановке. Расчетная схема включала в себя верхнее строение на крупной конечно-элементной (КЭ) сетке, фундаментный ростверк на мелкой КЭ сетке и свайное поле, смоделированное стержневыми КЭ. При моделировании стен, плит перекрытий и фундамента были использованы универсальные прямоугольные, треугольные и четырехугольные КЭ оболочки.

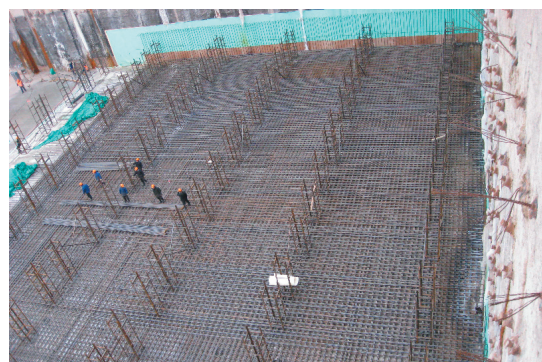


Рис. 5.
Расстановка опорных столиков
для верхних арматурных сеток

По исходным данным приняты расчетные значения параметра основания C_z (коэффициент «постели» основания) и параметра жесткости сваи K_z (линейная жесткость сваи). Величина C_z под фундаментной плитой принята равной 1500 т/м^3 , а величина K_z для свай диаметром 900 мм 45 тыс. т/м и для свай диаметром 1500 мм 115 тыс. т/м. Сваи моделировались в виде стержней, шарнирно соединенных с фундаментной плитой с одной стороны, и в виде пружины конечной жесткости K_z со стороны нижнего конца сваи.

Из условия восприятия расчетных нагрузок была определена требуемая площадь продольной арматуры фундаментной плиты. Для определения площади и шага установки поперечной арматуры был выполнен расчет на продавливание. Расчет на действие нормативных нагрузок были вычислены ширина раскрытия нормальных трещин, осадки и крен фундаментной плиты. Расчет фундаментной плиты на трещиностойкость выполнен на совместное действие нормальных сил и изгибающих моментов.

Максимальные значения изгибающих моментов в фундаментной плите достигали 2000–2250 тм/м.п. (рис. 2). Максимальная осадка свайно-плитного фундамента не превышала 30 мм, что в 7,5 раза меньше предельно допустимой (225 мм) (рис. 3). Такая малая величина осадки обусловлена наличием мощного основания из свай большого диаметра, заглубленных в трещиноватые известняки.

Крен фундаментной плиты составил 0,0002, что в 10 раз меньше предельно допустимого крена здания. Небольшая величина крена, полученная из расчета, связана с симметричной формой в плане надземной части здания и варьированием жесткости основания путем изменения шага и диаметра свай.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Для фундаментной плиты был принят бетон класса В50 по прочности, марки W8 по водонепроницаемости. Арматура в плите класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006. Под фундаментной плитой устраивались два слоя железобетонной подготовки толщиной 200 и 100 мм из бетона класса В25, гидроизоляция мембранного типа и армированная цементно-песчаная стяжка для гидроизоляции.

Армирование фундаментов осуществлялось как отдельными, так и спаренными арматурными стерж-

стыковых соединений арматуры с помощью конических муфт (рис. 6).

РАБОТЫ ПО АРМИРОВАНИЮ И БЕТОНИРОВАНИЮ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Согласно проекту производства работ фундаментная плита была поделена на шесть захваток с объемом бетона примерно по 7500 м³ каждая (рис. 7). Общий объем бетона для фундаментной плиты составляет 45 тыс. м³, вес арматуры – 9 тыс. тонн.



нями. Стыки арматуры выполнялись внахлест с разбежкой как в плоскости сетки, так и по высоте. Все арматурные сетки вязанные.

Максимальное количество арматурных сеток для наиболее нагруженных мест – 13, минимальное количество арматурных сеток – 7 (две нижних, две промежуточных в средней части плиты и две верхних) (рис. 4).

Нижние две сетки состояли из спаренных стержней диаметром 36 мм по всему полю плиты. Далее местами укладывались до пяти сеток преимущественно из спаренных стержней диаметром 36 мм.

Для восприятия температурно-усадочных напряжений были установлены промежуточные 8-я и 9-я сетки из арматуры диаметром 25 мм.

Служащие дополнительным армированием 10-я и 11-я сетки состояли из спаренных стержней диаметром 32 мм. Две верхние сетки (12-я и 13-я соответственно) состояли из спаренных стержней диаметром 32 мм и выполнялись по всему полю фундаментной плиты. Шаг стержней арматуры во всех сетках в горизонтальном направлении составлял 300 300 мм. Шаг нижних и верхних сеток по высоте составлял 200 мм.

Поперечная арматура выполнялась из отдельных или спаренных арматурных стержней диаметром 25 мм с шагом от 300 до 600 мм в зависимости от эпюры поперечных сил в плите. Стержни предусмотрены с крюками на концах, захватывающими нижнюю и верхнюю сетки.

Для установки верхних арматурных сеток в проектное положение использовались поддерживающие конструкции, состоящие из опорных столиков, устанавливаемых с шагом 3 м, и двутавровых балок, укладываемых поверх опорных столиков (рис. 5).

Соединения горизонтальной рабочей арматуры в фундаментной плите осуществлялись внахлестку. На концах выпусков под стены и колонны была накатана резьба для устройства в дальнейшем механических

Непростую задачу представляло собой решение рабочего шва бетонирования, воспринимающего давление бетонной смеси высотой 4 м. Поскольку в бетонной смеси были предусмотрены добавки, замедляющие ее схватывание, при бетонировании смесь оставалась подвижной в течение 24 часов. Расчетное время бетонирования первой захватки составляло 40 часов при средней скорости подачи бетона 200 м³/ч. Таким образом, поддерживающие конструкции рабочего шва бетонирования должны были воспринимать давление слоя подвижной бетонной смеси толщиной до 3 м (с учетом некоторой неравномерности бетонирования). Для этой цели была разработана система из инвентарных переставных подкосов, поддерживающих металлическую опорную клетку (рис. 8). Подкосы устанавливались на армированную бетонную подготовку толщиной 300 мм и крепились при помощи химических анкеров. После окончания работ по бетонированию захватки анкера срезались и подкосы переставлялись на следующую захватку.

Для защиты от атмосферных осадков на стадии арматурных работ и создания специальных температурно-влажностных условий твердения бетона в зимнее время над фундаментной плитой был создан временный тепляк – влаготеплозащитный контур (рис. 9). Фактическое время бетонирования первой захватки фундаментной плиты составило 46 часов. После бетонирования поверхность плиты была заглажена, полита водой и накрыта полиэтиленовой пленкой.

На стержнях второй арматурной сетки снизу и второй арматурной сетки сверху были установлены датчики деформаций для мониторинга напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты на стадии возведения и эксплуатации здания. Полученные данные позволят также оценить точность выполненных расчетов при проектировании фундаментной плиты здания. ■

Рис. 6. Выпуски арматуры с конической резьбой

Рис. 7. Общий вид захватки в процессе армирования

Рис. 8. Опорная конструкция для рабочего шва бетонирования

Рис. 9. Вид тепляка для ухода за бетоном фундаментной плиты после бетонирования