

Лекция №4.

Комплексы мероприятий при строительстве на лессовых грунтах:

Комплекс водозащитных мероприятий

Конструктивные мероприятия

Проектирование элементов усиления зданий и сооружений

Основание здания представляет массив грунта, который воспринимает нагрузку от фундаментов, в нем происходит формирование напряженно-деформированного состояния. Здание и его основание рассматривают как единое целое, считая, что деформации основания влияют на напряженное состояние в конструктивных элементах здания, состояние которых предопределяет распределение контактных давлений по подошве фундаментов.

Возведенные на лессовых грунтах здания в неблагоприятных условиях эксплуатации или из-за допущенных на стадии проектирования и строительства ошибок претерпевают существенные деформации. Особенно опасны неравномерные деформации, которые приводят к разрушению отдельных конструктивных элементов здания (рис. 5.1). В случае возникновения значительных вертикальных просадок по всей площади застройки здания, может не быть повреждения его конструкций, ибо деформации проявились сравнительно равномерно.

Экспертизы деформированных зданий показывают, что по характеру развития трещин в стенах и фундаменте можно установить место, где находится источник замачивания грунта и проявляются наибольшие деформации просадки.

Если наибольшее развитие имеют трещины в фундаментной части, которые в основном сосредоточены посередине здания, то вероятнее всего источник замачивания лессовых грунтов расположен именно в средней зоне, примыкающей к фундаменту. Здание как бы провисает и такие деформации здания именуют прогибом (рис. 5.1, а).

Если источник замачивания находится в торцах здания, наблюдается их перемещение вниз и образование трещин в карнизной части стен. Такой вид деформаций называют выгибом (рис. 5.1, б).

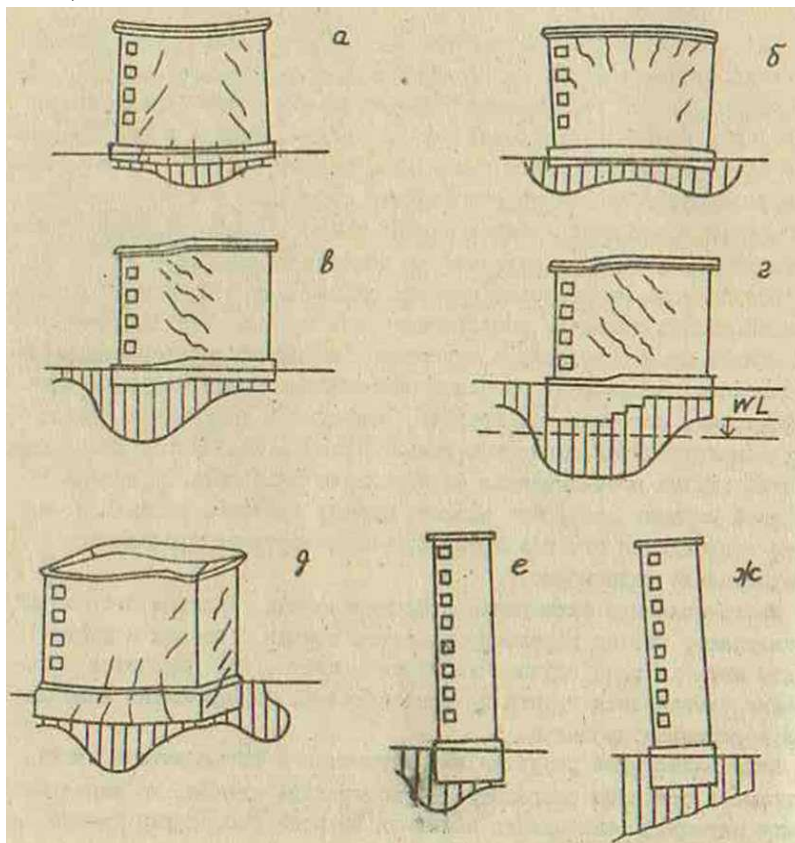


Рис. 5.1. Схемы возможных деформаций зданий при неравномерных просадках грунтов основания: а - прогиб; б - выгиб (перегиб); в и г - перекося; д - кручение; е и ж - крен

При увлажнении грунта основания на значительном по площади участке происходит проседание торцевого крыла здания и появляется перекося (рис. 5.1, в). Трещины в этом случае обычно направлены примерно под углом 45° к вертикали. Перекося здания может быть, когда фундаменты, имеющие различную глубину заложения подошвы, попадают в отличающиеся по влажности зоны грунтового основания (рис. 5.1, г).

При наличии нескольких источников увлажнения происходит сложная деформация здания, связанная с его кручением (рис. 5.1, д). Стены смещаются от вертикали, трещины на каждой стене не имеют четкого направления. В таком случае трудно выявить местонахождение источников увлажнения.

Если в стенах и фундаментах жесткого по конструктивному решению здания не наблюдается трещин, но дом существенно отклонился от вертикали (крен), значит имеется одностороннее замачивание грунта или косослойное напластование лессовых просадочных грунтов (рис. 5.1, е и ж). В последнем случае даже равномерное замачивание грунта по всей площади может привести к неравномерному проявлению деформации просадки.

Чтобы исключить или смягчить подобные ситуации, предусматривают специальный комплекс защитных мероприятий, их применение должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Мероприятия при строительстве на лессовых просадочных грунтах разделены на следующие основные виды:

- а) водозащитные;
- б) конструктивные;
- в) связанные с устранением просадочных свойств грунта в результате целенаправленного закрепления или уплотнения;
- г) осуществляемые прорезкой фундаментами глубокого заложения (свайными).

При строительстве на лессовых грунтах, как правило, предусматривают сложный комплекс мероприятий.

5.1. Комплекс водозащитных мероприятий

Водозащитные мероприятия самые ответственные на всех этапах строительства зданий и их эксплуатации. Назначение этих мероприятий - снижение вероятности увлажнения грунтов основания, исключение их замачивания на всю просадочную толщу и полное устранение возможности просадки.

При современных развитых системах водонесущих коммуникаций и накопления воды в подземном пространстве замачивание грунта основания с течением времени неизбежно. Водозащитные мероприятия способны смягчить отрицательное действие местного (локального) увлажнения

Состав основных водозащитных мероприятий:

- правильная компоновка генерального плана и планировка застраиваемой территории;
- повышение водонепроницаемости грунта, примыкающего к конструктивным элементам здания;
- прокладка внешних и внутренних водонесущих коммуникаций, исключающая утечки воды,
- организация контроля за состоянием коммуникаций и отвода аварийных вод за пределы зданий.

Правильная компоновка генерального плана обеспечивает беспрепятственный оброс с территории застройки выпадающих атмосферных осадков. Привязывая здание к конкретной площадке, необходимо стремиться к сохранению естественных условий стока поверхностных вод. Здание следует ориентировать так, чтобы исключить скопление воды вблизи него (рис. 5.2).

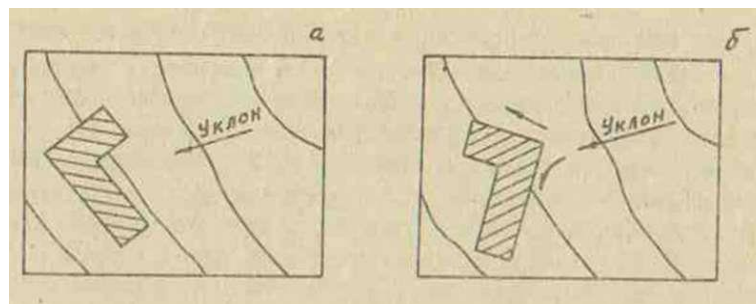


Рис. 5.2. Неправильное (а) и рекомендуемое (б) расположения на местности здания сложной конфигурации

В случае преграждения стока (рис. 5.2, а) вблизи здания скапливается значительный объем воды, который в последующем фильтруется в грунтовое основание. Разместить здание надо на площадке так, чтобы обеспечить обход его потоками воды (рис. 5.2, б).

При выборе площадки для строительства необходимо расположить здание на участке с наименьшей возможной просадкой. Наиболее просадочными бывают возвышенные участки территории. Целесообразно размещать строительную площадку в пределах просадочных блюдец, где в грунтовых условиях II типа деформации от действия собственного веса грунта уже проявились.

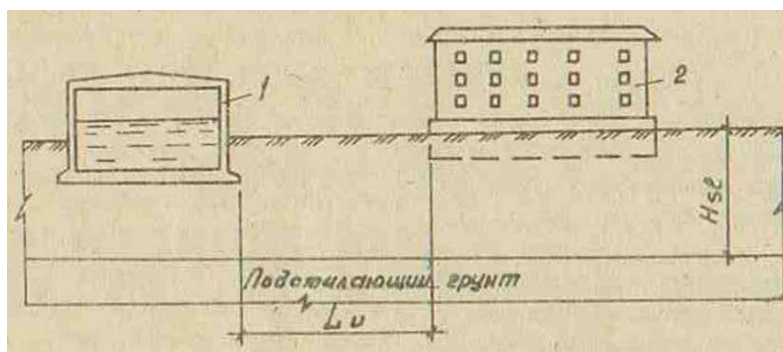
Особые требования предъявляют к планировке территории. Следует сохранять дерновый слой грунта, который обычно слабо пропускает воду. В грунтовых условиях II типа не допускают устройство подсыпок из дренирующих материалов (песка, щебня, шлака), так как они фильтруют воду в грунтовое основание и способствуют увеличению напряжений от собственного веса грунта. Это может привести к проявлению значительных просадок и переводу грунтовых условий из I типа во II тип. В подобных случаях наибольшая высота подсыпки должна быть рассчитана из условия недопущения формирования грунтовых условий II типа по просадочности.

При компоновке генерального плана необходимо исключить возможность замачивания грунтов основания зданий из бассейнов, градирен, цехов с мокрым технологическим процессом. Расстояние L_u объектов с обильным водопотреблением до зданий принимают в зависимости от водопроницаемости подстилающего лессовую толщу слоя грунта (рис. 5.3). Если подстилающий грунт водопроницаем, то растекание воды в стороны от источника замачивания невелико, разрыв между зданиями составляет $L_u \geq 1,5 H_{sl}$. В случае подстилания лессовой толщью слабопроницаемым грунтом (водоупором) возможно растекание воды в стороны и разрыв должен быть $L_u \geq 3 H_{sl}$

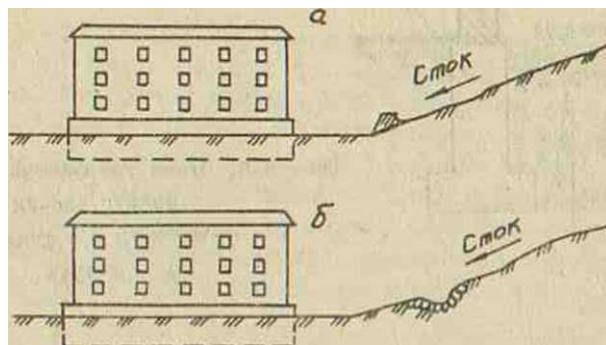
При расположении зданий на
Рис. 5.3. Расположение
объекта (I) с мокрым
технологическим процессом
вблизи существующего здания

(2)
склонах следует обратить
внимание на перехват

поверхностных вод, стекающих с
возвышенных участков местности (рис. 5.4). Территорию ограждают специальными
валиками или нагорной канавой. Сечение водопропускных устройств должно обеспечить
беспрепятственный сток воды, их выполняют с продольным уклоном не менее 0,005 и
облицовывают для предохранения грунта от размыва.



Особое внимание обратить на устройство вокруг каждого здания водонепроницаемых отмосток. Наименьшая ширина отмосток здания, на площадке с грунтовыми условиями II типа по просадочности должна быть 2 м. Если просадочная толща прорезается фундаментами глубокого заложения или просадочные свойства грунта полностью устранены, ширина отмостки не менее 1,5 м. В грунтовых условиях I типа по просадочности не менее 1,5 м.



Обратная засыпка пазух фундаментов должна быть не менее $\rho_d = 1,6 \text{ т/м}^3$.

Отмостки (рис. 5.5) выполняют по слою уплотненного местного грунта толщиной 0,15 м, с уклоном в поперечном направлении от здания не менее 0,03 и они должны перекрывать пазухи на 0,3 м. Атмосферные воды с отмостки необходимо отводить в специальные лотки или ливнестоки.

Особые требования предъявляют к прокладке внутренних и наружных водонесущих коммуникаций. Прокладку водонесущих трубопроводов ниже подошвы фундамента не допускают. Если к зданию подходят

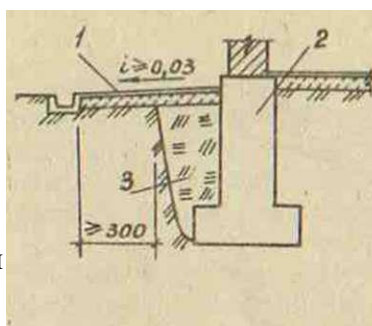


Рис. 5.5. Схема устройства отмостки вокруг здания:
1 – отмостка; 2 – фундамент;
3 – пазухи

трубопроводы глубине ниже от подошвы фундамента, то осуществляют местное дозаглубление фундамента. Расстояние от низа труб до подошвы фундамента должно быть не менее 0,5 м. Вводы и выводы коммуникаций в фундаментах или стенах подвалов осуществляют через отверстия или проемы (рис. 5.6). Зазор между верхом труб и верхом отверстия принимают равным $1/3 S_{с1}$, но не менее 0,2 м, пространство вокруг труб заполняют герметичным и эластичным материалом (мятой глиной).

Трубопроводы внутри зданий размещают выше уровня пола первого или подвального этажей открытой прокладкой, доступной для осмотра и ремонта. В грунтовых условиях II типа по просадочности трубопроводы укладывают в канале со съёмным перекрытием. Каналы выполняют внутри здания и за его пределами. При этом их целесообразно делать из одного железобетонного лотка с уклоном не менее 0,02 в сторону от здания. Длину канала от фундамента здания принимают в зависимости от

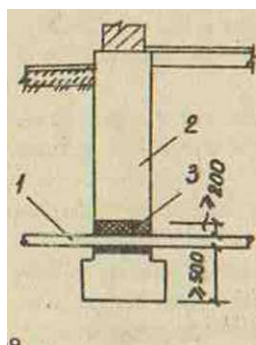


Рис. 5.6. Схема устройства ввода водонесущих коммуникаций:
1 – трубопровод; 2 – фундамент; 3 – эластичный заполнитель

Таблица 5.1

Длина каналов трубопроводов и минимальные расстояния от их поверхностей до краев фундаментов

Показатель	H_{se} , м	
	до 12	более 12
Длина канала или расстояние от фундаментов до трубы диаметром, мм:		
до 100	5,0	7,5
100...300	7,5	10,0
более 300	10,0	15,0

диаметра труб и толщины слоя просадочных грунтов (табл. 5.1).

Вводы и выпуски водонесущих коммуникация должны быть от углов и мест сопряжения капитальных стен здания не менее 1 м.

Для контроля за утечкой воды из трубопроводов, проложенных в каналах, предусматривают устройство контрольных колодцев диаметром 1 м. При возникновении аварийной утечки вода наполняет контрольный колодец. В последующем аварийные воды уводят из контрольного колодца.

В грунтовых условиях II типа по просадочности наружные технические коммуникации прокладывают в проходных каналах. При траншейной прокладке напорных и самотечных трубопроводов следует дно траншеи уплотнять на глубину 0,3 м.

5.2. Конструктивные мероприятия

Эксплуатационную надежность зданий при возможных неравномерных просадках лессовых грунтов оснований обеспечивают конструктивными мероприятиями. Состав их определяют в зависимости от конструктивного решения здания, возможного значения просадочной деформации и ее неравномерности, технологического режима эксплуатируемого объекта и других факторов.

По чувствительности к неравномерным деформациям и конструктивным особенностям здания подразделяют на жесткие, относительно жесткие и податливой (гибкой) конструкции.

Жесткими считают здания, которые малочувствительны к неравномерным деформациям грунтов основания и оседают как одно пространственное целое равномерно или с креном (рис. 5.1, е, ж). Усилия, возникающие при неравномерных деформациях, полностью воспринимают конструкции. К жестким относят монолитные железобетонные многоэтажные дома, силосные корпуса, водонапорные башни, дымовые трубы.

Относительно жесткие здания чувствительны к неравномерным деформациям. При их появлении во взаимно связанных жестких конструктивных элементах возникают дополнительные усилия, которые здание не может воспринять. Относительно жесткими считают большинство жилых и гражданских зданий, многоэтажные и отдельные типы одноэтажных промышленных зданий (рис. 5.1, а, ..., д).

Податливой конструкции считают здания, элементы которых шарнирно связаны между собой. При неравномерных деформациях грунтов основания происходит взаимное перемещение конструктивных элементов без возникновения в них дополнительных усилий. К таким зданиям относят промышленные цехи с разрезными конструкциями, эстакады с шарнирным соединением верха колонн.

В зависимости от установленного технологического оборудования здания и сооружения подразделяются на:

- оснащенные технологическими устройствами, влияющими на их нормальную эксплуатацию (лифтами, мостовыми кранами),
- не оснащенные специальными технологическими устройствами (жилые и гражданские здания высотой до пяти этажей, одноэтажные складские помещения).

Для снижения чувствительности зданий развитых в плане рекомендуют производить их разрезку на отдельные секции или отсеки с помощью осадочных швов (рис. 5.7).

Разрезая здание в плане на отдельные секции (отсеки), снижают вероятность неравномерных деформаций при замачивании под отдельными отсеками по сравнению со всем зданием. Каждый отсек претерпевает деформации как одно пространственное целое. Поэтому одновременно с разрезкой здания целесообразно повышать жесткость



отсека (секции). В местах устройства осадочных швов обычно выполняют парные стены или колонны (рис. 5.8).

Конструктивно расстояния между осадочными швами жилых, гражданских и промышленных многоэтажных зданий принимают равными 20... 40 м; для промышленных одноэтажных - 40...80 м.

Нужно рассчитывать ширину осадочного шва с учетом возможного горизонтального перемещения и наклонов отдельных отсеков, длины и высоты отсеков, размеров криволинейного участка поверхности грунта при просадке от собственного веса.

В пределах отдельного отсека или всего здания прочность и жесткость повышают применяя замкнутые железобетонные пояса или армированные швы. Железобетонные пояса следует располагать в верхней и нижней частях здания (рис. 5.9).

Пояса устраивают с учетом конструктивного решения здания. В крупноблочных зданиях в качестве поясов усиления используют поясные и перемычные блоки, в которых предусматривают специальную арматуру (рис. 5.10). Выпуски арматурных стержней между собой соединяют сваркой и затем стык замоноличивают бетоном.

В крупнопанельных зданиях поэтажные пояса устраивают путем стыкования выпусков арматурных стержней, заложенных в стеновых панелях при их изготовлении.

В кирпичных зданиях железобетонные пояса выполняют на уровне междуэтажных перекрытий (рис. 5.11) или совмещают с перемычками над оконными и дверными проемами. Пояса в наружных стенах проектируют не на всю толщину стены, чтобы исключить ее промерзание в зоне расположения пояса. На пояс укладывают плиты перекрытий. Ширина пояса обычно равна 0,2...0,4, высота - 0,15...0,3 м. Пояса армируют стальными стержнями, площадь сечения которых принимают по расчету. Ориентировочно площадь сечения продольной арматуры пояса составляет 10...20 см².

Пояса выполняют непрерывными по всем несущим стенам в пределах здания или отсека.

Не рекомендовано устройство поясов на уровне карниза здания, так как в условиях проявления деформаций при прогибе здания возможна потеря устойчивости пояса. При расположении пояса на уровне верхнего междуэтажного перекрытия и одновременной пригрузке его кладкой высотой в один этаж потеря устойчивости исключена.

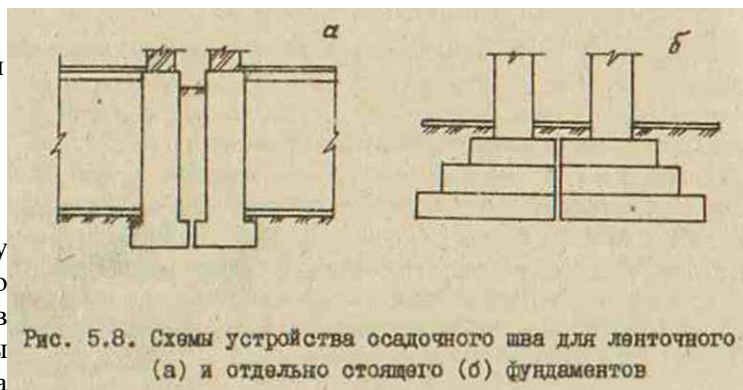


Рис. 5.8. Схемы устройства осадочного шва для ленточного (а) и отдельно стоящего (б) фундаментов



Рис. 5.9. Схема размещения железобетонных поясов в: I — надземной части; 2 — цокольной; 3 — фундаментной ленте

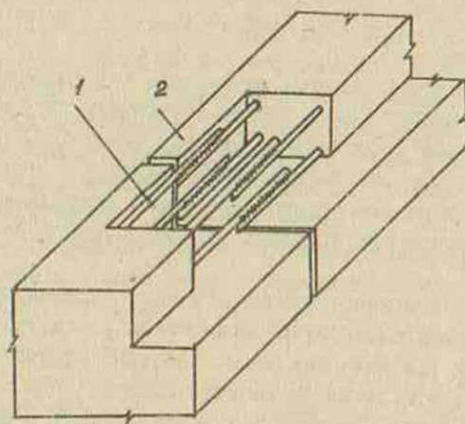


Рис. 5.10. Схема устройства пояса из поясных блоков: I — выпуски арматурных стержней; 2 — блоки

Ответственным является усиление фундаментно-подвальной части здания. До середины XX века при строительстве на лессовых грунтах в основном применяли монолитные ленточные фундаменты под стены здания. В конце 50-х годов стали возводиться сборно-монолитные ленточные фундаменты (рис. 5.12, а).

Фундаментную подушку выполняют монолитной, поверх нее укладывают сборные бетонные блоки, по которым устраивают цокольный железобетонный пояс усиления (рис. 5.12, б). Усилия, возникающие при неравномерных деформациях основания и прогибе стен, воспринимают армированным швом и цокольным поясом. Обычно высота армированного шва, выполняемого непрерывным по всему контуру фундаментных подушек, составляет 5...10 см.

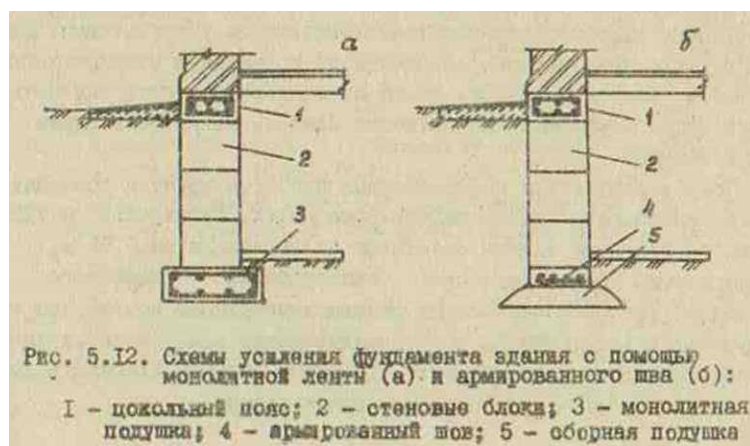
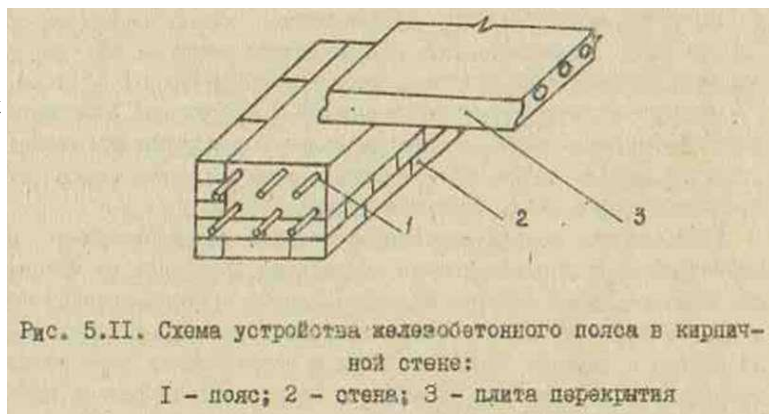
Эксплуатационная надежность зданий повышается, если осуществляют усиление отдельных конструктивных элементов. Рекомендуют местное усиление кирпичных простенков путем прокладки нескольких рядов арматурных сеток.

Во избежание разрушения кладки сборные железобетонные перемычки над проемами необходимо опирать на простенки не менее чем на 25 см по длине опорной площадки. Плиты, прогоны, балки, фермы и другие элементы должны иметь такую длину опорной площадки, чтобы при появлении горизонтальных и вертикальных перемещений конструктивные элементы здания или сооружения сохранили прочное и устойчивое положение.

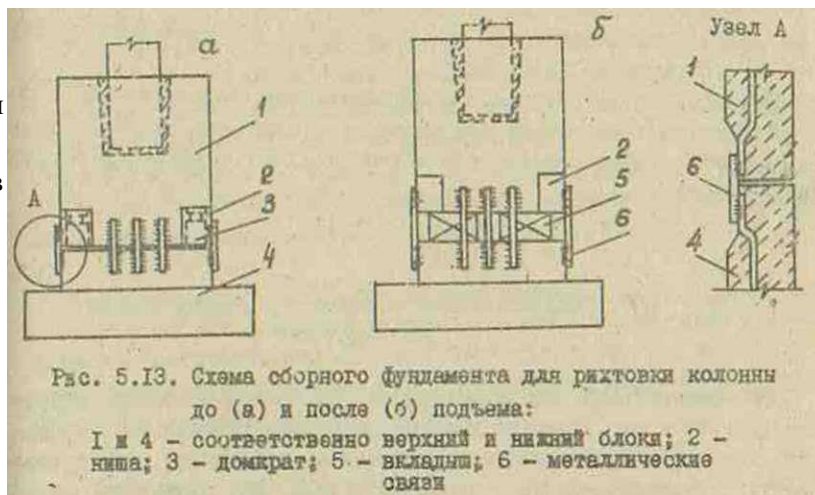
Используют анкеровку плит междуэтажных перекрытий в кладке стен и перевязку между собой железобетонных плит покрытия через монтажные петли при помощи стальной арматуры. Конструктивные мероприятия важны в зданиях, оборудованных технологическими устройствами, лифтами и мостовыми кранами, влияющими на нормальную эксплуатацию объекта. Нормальную эксплуатацию лифтов обеспечивают за счет увеличения при строительстве здания габаритов лифтовых шахт и возможной рихтовки лифтовых колонн на $1/6$ расчетной просадки грунтов основания.

В случае просадки основания отдельных фундаментов происходит горизонтальное и вертикальное перемещения подкрановых путей, что приводит к нарушению технологического режима и невозможности работы кранового оборудования. Применяют различные методы восстановления эксплуатационного процесса. Например, подъем сместившейся колонны и вместе с ней подкрановых путей. Подъем колонн эффективен для каркасных зданий, не оборудованных кранами. На рис. 5.13. схема сборного фундамента, позволяющего с помощью домкратов производить подъем колонны. Металлические связи и бетонные вкладыши фиксируют новое устойчивое положение колонны после рихтовки.

Пример, для обеспечения нормальной работы цеха, фундаменты которого просели на 0,6...0,8 м, металлические колонны были разрезаны в нижнем поперечном сечении, подняты и удлинены металлической вставки из стальных профилей.



В другом здании, при просадке основания 0,2...0,3 м, эксплуатация цеха восстановлена за счет рихтовки подкрановых путей, благодаря наличию дополнительных габаритов креплений и зазоров между кранами и конструктивными элементами. Крепление рельсов к подкрановым балкам выполняют на болтах, позволяют вести рихтовку на 1...6 см в каждую сторону. Для крепления подкрановых балок к опорным столикам колонн используют болты, удлиненные на 1/3 расчетной просадки от собственного веса грунта.



5.3. Проектирование элементов усиления зданий

Пояса усиления, запроектированные для наиболее невыгодных условий замачивания грантов основания и проявления неравномерных деформаций, могут обеспечить эксплуатационную надежность зданий. Сложность расчета поясов состоит в том, что в реальных условиях замачивание грунта может произойти самым необычным образом, трудно поддающемся прогнозированию.

Пояса усиления обычно рассчитываются как составные элементы балки-стенки, расположенной на основании переменной жесткости.

При проектировании поясов вводят упрощения, позволяющие с помощью несложных расчетов определять усилия в конструктивных элементах, возникающие при неравномерных деформациях грунтов основания.

Статический расчет конструкций на восприятие усилий от неравномерных деформаций грунтового основания выполняют как одномерной балочной системы бесконечной жесткости (штампа) при $H/2L \geq 0,75$ и как балки конечной жесткости при $H/2L < 0,75$, где: H - высота здания, равная расстоянию от подошвы фундамента до карниза, $2L$ длина здания или отдельного отсека (рис. 5.9). Если несущие поперечные стены, то подставляют длину поперечной стены.

Обобщенные усилия в сечении стены здания - изгибающий момент $M_{\max I}$ и поперечная сила $Q_{\max I}$ на площадках, сложенных грунтами I типа по просадочности, определяются в зависимости от жесткости здания.

При расчете поясов усиления определяют продольные растягивающие или сжимающие усилия ниже (фундаментно-подвальная часть) и выше (надземная часть) нейтральной оси балки-стенки.

При проектировании здания на лессовых грунтах II типа по просадочности максимальные усилия $M_{\max II}$ и $Q_{\max II}$ находят с учетом суммарных неравномерных деформаций при просадках в пределах деформируемой зоны и от собственного веса грунта.

Изложенная выше методика определения усилий при проектировании поясов усиления основана на использовании упроченной расчетной схемы. Для повышения точности расчетов принимают уточненные расчетные схемы сооружений в виде сложной многоэлементной системы (стержневой, пластинчатой, пластинчато-стержневой и т.п.) с учетом нелинейной деформируемости грунтового основания и надземных конструкций.

Есть методики расчета усилий в конструкциях здания на неравномерно-сжимаемом нелинейно деформируемом основании, являющимся слоисто-неоднородным.

Обычно железобетонные пояса выполняют из бетона класса прочности на сжатие В15 с использованием арматуры из стали класса А500с или А400.