

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

И.А. Корнеев, А.И. Тищенко

В данной статье обосновывается необходимость разработки комплекса приборов для контроля изменений свойств лессовых грунтов в основаниях длительно эксплуатируемых зданий, отличающихся от существующих аналогов повышенной точностью и быстродействием. Рассмотрены основные причины, факторы и существующие методы прогноза изменения свойств лессовых грунтов и определены цель, задачи и методы исследований.

Актуальность. Обоснование выбора исследуемых грунтов

Большинство российских городов с многоэтажной застройкой расположено на берегах крупных рек. Основаниями зданий в этих городах зачастую являются лессовые грунты, которые образуются в результате многолетней деятельности рек.

В настоящее время значительная часть старого жилого фонда, массовых серий застройки 50-60 годов, исчерпала расчетный срок своей эксплуатации. Здания находятся на грани аварийных состояний, их количество достаточно велико. Кладка стен, их толщина, имеющееся остекление оконных проемов не соответствует требованиям действующей сегодня нормативной документации. Учитывая вышесказанное, встает вопрос реконструкции этих зданий, который требует проведения повторных инженерно-геологических изысканий под существующими зданиями.

Сложность поведения лессовых грунтов в процессе их эксплуатации в качестве оснований зданий требует их комплексного изучения. Возникает необходимость в определении взаимосвязи прочностных и деформационных свойств лессовых грунтов с закономерностями внутренних процессов, происходящих в основаниях зданий при длительной эксплуатации.

К основным механическим воздействиям, имеющим наибольшее распространение при строительстве зданий, относятся статические воздействия фундаментов на грунты оснований. Необходимо отметить, что в стране до настоящего времени практически не проводилось исследований по выявлению закономерностей изменения свойств лессовых грунтов в основаниях зданий при их длительной эксплуатации.

С учетом изложенного, тема прогнозирования изменений прочностных и деформационных характеристик лессовых грунтов в

основании длительно эксплуатируемых зданий и сооружений является актуальной. Благодаря методам прогнозирования можно значительно уменьшить объем дорогостоящих повторных инженерно-геологических изысканий и выполнить реконструкцию, в том числе увеличение этажности, зданий и сооружений без усиления существующих фундаментов, что принесет существенный экономический эффект.

Основные причины изменения свойств лессовых грунтов оснований при длительной эксплуатации зданий

Слово «лесс», было впервые введено в мировую геологическую литературу немецким ученым К.Г. Леонардом в 1823 г. В русских геологических изданиях термин впервые появился в 1864 г. в работе Эйхвальда как «лэсь». Затем он приобретает форму «лесь» (Барбот-де-Марни, 1867 г.) и, наконец, уже после Октябрьской революции - "лесс". Термин получил широкое распространение в русской геологической литературе.

В содержание термина «лесс» исследователями вкладывался различный смысл, что вызывало споры в научной печати, на конференциях, а нередко приводило к путанице, когда к «лессам» относили совершенно разные породы. Ввиду того, что термин «лесс» постоянно использовался при изучении этих грунтов в течение полутора веков, закрепился в литературе, стал историческим понятием, поэтому целесообразно, не нарушая традиций, оставить этот термин, четко определив его содержание [1].

Опыт эксплуатации зданий и сооружений на лессовых грунтах свидетельствует о том, что основной причиной деформаций зданий является неравномерная просадка основания, возникающая в результате замачивания. Наиболее распространенными источниками замачивания основания являются: аварии водо-

провода, канализации, тепловых сетей и иногда поверхностные воды. В основном, деформации подвергаются здания и сооружения, возведенные на ленточных фундаментах без уплотнения лессовых грунтов. Примеры аварийных состояний зданий свидетельствуют о том, что свойства лессовых грунтов, а именно, их поведение под нагрузкой, изменение их физико-механических характеристик при длительной эксплуатации и замачивании, изучены не достаточно.

Проведение повторных инженерно-геологических изысканий под существующими зданиями затруднено коммуникациями, благоустройством территории вокруг зданий, а также большой плотностью застройки. В связи с этим, сразу возникает ряд серьезных проблем, преодоление которых требует специального научного подхода, который учитывает:

- 1) закономерности изменения инженерно-геологических условий и напряженно-деформируемого состояния грунтов оснований зданий;
- 2) конструктивные особенности и условия эксплуатации зданий;
- 3) устойчивость оснований на момент реконструкции.

По Ф.А. Никитенко [2] просадочные свойства лессовых грунтов проявляются при наличии следующих условий:

- 1) высокой пористости, недоуплотненности;
- 2) слабой структурной прочности, которая легко разрушается при увлажнении;
- 3) преобладании в глинистой фракции гидрослюды, каолинита и кварца.

Просадочные свойства тесно связаны с пористостью лессовых грунтов. При величине пористости менее 42% (коэффициент пористости 0,704) такие грунты, как правило, не обладают просадочными свойствами.

Прочностные свойства лессовых грунтов изменяются в сравнительно небольших интервалах. Для лессовых суглинков угол внутреннего трения составляет 21 – 22 градуса, удельное сцепление 0,022 – 0,28 МПа. Для супесей эти величины составляют соответственно 22 – 24 градуса и 0,017 – 0,22 МПа. Отмечается, что по сравнению с супесями (по усредненным данным) суглинки имеют более высокую влажность (на 2 – 3 %), пористость (на 2 – 8 %), обладают большей просадочностью и сжимаемостью.

Лессовые грунты характеризуются довольно резким уменьшением прочностных и деформационных характеристик при их замачивании. При этом удельное сцепление

уменьшается в 2 – 3 раза, угол внутреннего трения на 5 – 6 градусов, модуль деформации в 2 – 4 раза.

Отмеченные инженерно-геологические особенности лессовых грунтов определили методы использования этих грунтов в качестве оснований зданий и сооружений.

Факторы, обуславливающие динамику изменения физико-механических характеристик лессовых оснований

В настоящее время имеется ограниченное число работ, в которых бы вопросы проектирования оснований фундаментов реконструируемых и восстанавливаемых зданий рассматривались комплексно, с учетом особенностей изменения физико-механических характеристик грунтов при длительной эксплуатации зданий и фактического напряженно-деформируемого состояния грунтов основания [3]. Но прогнозирование изменений физико-механических характеристик лессовых грунтов, и как следствие, возможность увеличения нагрузки на существующие фундаменты без их реконструкции не выполнялось.

Известны работы по исследованию факторов, обуславливающих изменение физико-механических характеристик грунтов оснований, выполненных в НИИОСП им. М.М. Герсеванова, Фундаментопроекте, ПНИИСе, Гидропроекте им. С.Я. Жука, ВНИИГе им. Б.Е. Веденеева, МГАСУ, СПбГАСУ, Ростов-ГАСе, ДальНИИСе. Наибольшее количество работ посвящено совершенствованию методов инженерно-геологических изысканий и исследованию физико-механических свойств грунтов для реконструируемых и восстанавливаемых зданий [4–6].

Работу основания под действием длительных нагрузок от сооружений было бы неправильно характеризовать одним лишь процессом уплотнения грунта, внешне проявляющимся в виде осадки сооружения. Наряду с уплотнением грунта в основании происходят и более сложные явления, приводящие к изменению прочностных свойств грунта. Установлено, что все процессы в основании как качественно, так и количественно зависят от времени действия нагрузки, ее интенсивности и ряда других факторов.

Исследование природы деформаций лессовых грунтов показало, что их прочность определяется прочностью и числом связей между слагающими грунты частицами в единицы объема. Эти связи между частицами рассматриваются как сцепление, разделяющееся на две части. Ту часть сцепления, которая ото-

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

бражает способность частиц глинистого грунта вступать во взаимодействие между собой вследствие проявления молекулярных сил и интенсивность которой зависит от размеров частиц и расстояния между ними, называют первичным сцеплением. Вторая часть сцепления оказывает суммарное влияние на прочность грунта путем развития многообразных процессов изменения физического состояния, минералогического и химического состава грунта, протекающих в стадии диагенеза, и названа сцеплением упрочнения.

Обычно полагают, что упрочнение грунта вследствие увеличения сцепления в основании сооружения происходит одновременно с его уплотнением, а не после многих лет работы сооружения. При этом считается, что несущая способность глинистых грунтов может достичь больших значений, если темпы повышения внешнего давления будут соответствовать темпам упрочнения грунтов. Однако анализ результатов кратковременного обжатия грунтов штампами с интенсивностью давлений 0,3-1 МПа, а также исследование состояния грунтов в основании длительно эксплуатирующихся зданий показывает, что плотность грунтов возрастает в среднем на 10-25%. При этом увеличивается также влажность и степень заполнения его пор водой, но незначительно. Все это свидетельствует о том, что очень большого увеличения несущей способности грунтов основания после длительного обжатия их нагрузкой ожидать не следует.

Вместе с тем многочисленные эксперименты по выявлению изменения прочностных свойств грунтов при уплотнении показывают, что прочность грунта значительно увеличивается. При этом установлено, что угол внутреннего трения ϕ лессового грунта при уплотнении практически не изменяется и уменьшается лишь при повышении его влажности. В то же время удельное сцепление возрастает в 2-3 раза [7].

При замачивании лессовых грунтов, сопровождающемся нарушением их структурных связей, угол внутреннего трения уменьшается в 1,5 раза, а удельное сцепление в 10 раз и более [8]. После прекращения просадки угол внутреннего трения постепенно восстанавливается, удельное сцепление также увеличивается, но гораздо медленнее.

В связи с тем, что происходящее при отсутствии свободного воздуха движение воды в порах грунта по мере уменьшения дополнительных давлений в воде и напоров, обусловленных приложением уплотняющей нагрузки,

постепенно затухает, процесс уплотнения может рассматриваться как процесс неустановившейся фильтрации в среде с переменной пористостью.

Классическая теория фильтрации основана, как известно, на том, что скелет грунта может быть с достаточным приближением к действительности представлен в виде жесткой недеформируемой пористой среды. Такая схематизация в большинстве случаев вполне уместна и практически полезна, особенно при относительно жестком, слабо деформируемом скелете грунта. Однако в условиях достаточно сжимаемых грунтов, когда при изменении напряженного состояния земляной среды нельзя пренебрегать изменением ее пористости и водопроницаемости, принятие указанного выше допущения приводит к существенным погрешностям.

Как известно [9], под наименованием «скелет грунта» следует понимать совокупность связанной воды и твердых частиц грунта, соединенных между собой теми или иными цементационными связями. Скелет грунта представляет собой основную несущую систему грунта, способную в случае глинистых грунтов воспринимать не только сжимающие и касательные, но и растягивающие напряжения.

Часто уплотнение грунта носит промежуточный характер по сравнению с указанными выше предельными случаями. Различные возможные в этом отношении варианты определяются, как было указано выше, соотношениями скоростей нарастания ползучих деформаций скелета грунта и его проницаемости, от которой в основном зависят возможные скорости фильтрации при уплотнении.

При рассмотрении явлений уплотнения свойства скелета грунта, определяющие скорость нарастания ползучих деформаций, могут быть описаны зависимостью, характеризующей изменение во времени коэффициента пористости грунта. Эта зависимость должна быть такой, чтобы для моментов времени, соответствующих окончанию нарастания ползучих деформаций грунта, она совпадала с обычной компрессионной кривой.

Существующие методы прогноза изменений свойств лессовых грунтов при длительной эксплуатации

На сегодняшний день имеется ограниченное количество работ посвященных современным методам, приборам и оборудованию, которое используется для инженерно-геологических исследований на площадках

реконструируемых зданий. Отмечается, что стандартные методы инженерно-геологического обследования площадок, которые, как правило, связаны с проходкой скважин и геологическими выработками, отбором образцов грунта и проведением лабораторных исследований, наблюдением за состоянием объекта обычно очень трудоемки, дорогостоящи и не всегда приемлемы для условий реконструкции и изменения функционального профиля зданий. Поэтому проблема прогнозирования изменений физико-механических характеристик лессовых оснований под фундаментами длительно эксплуатируемых зданий несет в себе глубокую актуальность. Для выполнения инженерно-геологических изысканий на площадках реконструируемых зданий перспективными признаются ускоренные методы (экспресс-методы) исследования грунтов зондированием, прессиометрией, а также радиоизотопные, геофизические, терморadiационные и другие методы, которые позволяют оперативно, с минимальными затратами, оценивать изменение свойств грунтов и определять нужные параметры [10, 11].

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что с течением времени в основании фундаментов длительно эксплуатируемых зданий (обычно более 15 лет) происходит изменение свойств грунтов, вызванное их уплотнением давлением фундаментов и другими причинами. Эти изменения сказываются на несущей способности оснований фундаментов и должны учитываться при реконструкции зданий и сооружений. Вопросом исследования свойств грунтов уплотненных давлением фундаментов длительно эксплуатируемых зданий посвящены работы Б.И. Далматова [12], Ю.И. Дворкина, В.А. Зурнаджи, П.А. Коновалова [13, 14], В.В. Лушников, А.И. Полищука, А.Г. Ройтмана [15], И.Б. Рыжкова, Е.А. Сорочана, С.Н. Сотникова [16], В.М. Улицкого, М.П. Филатовой, К.Ш. Шадунца и др. В этих работах описываются результаты исследований плотности, влажности, проницаемости, прочностных деформационных характеристик различных типов грунтов, залегающих в пределах сжимаемой толщи основания фундаментов реконструируемых и восстанавливаемых зданий. Обобщить результаты указанных выше работ и установить закономерности изменения свойств грунтов в зависимости от различных факторов довольно сложно, так как характеристики прочности, сжимаемости, проницаемости и другие определялись на разных приборах и по различным методикам. Но в целом в большинстве работ

отмечается, что прочностные и деформационные свойства песчаных и пылевато-глинистых грунтов, залегающих в основании фундаментов длительно эксплуатируемых зданий, улучшаются. П.А. Коновалов в своих работах отмечал, что при расчете оснований зданий в разные годы применялись различные нормы. Поэтому основания зданий имеют резервы прочности, которые могут быть использованы при надстройках и реконструкциях. Для выявления таких резервов рассмотрим, как использовались при расчете эксплуатируемых зданий различных лет постройки параметры, регламентируемые СНиП 2.02.01-83* [17]. Большое значение имеет степень использования расчетного сопротивления грунтов в основаниях реконструируемых зданий. Результаты сравнения среднего давления до надстройки P_{cp}^0 и расчетного сопротивления R по формуле (7) СНиП 2.02.01-83* [17] показывают, что несущая способность оснований используется нерационально: в 30% зданий - менее чем на половину, в 14,3% строений - на 80%. В связи с этим в большинстве зданий давления на основание фундамента могут быть значительно повышены.

Исследование оснований ряда сооружений текстильной промышленности (Глуховский и Орехово-Зуевский комбинаты, комбинат «Красная роза» и др.) со сроком службы до 115 лет показали, что давления в начальной стадии их эксплуатации составляли 0,53 - 0,6 R , определенного по СНиП 2.02.01-83* [17] для грунта данного вида и размеров фундаментов. В результате последующих реконструкций давление по подошве фундаментов увеличилось в 2,1 - 2,7 раза и превысило расчетное в 1,23 - 1,88 раза. Увеличение давления по подошве фундаментов не вызвало деформации сооружений и не нарушило их эксплуатационную пригодность.

Анализ изменения отношения P_1 / R после надстройки, где P_1 - среднее давление после надстройки, показывает, что фактические давления выше расчетных в 1,35 раза. Перегрузка грунтов оснований по сравнению с расчетными давлениями допущена там, где грунты были обжаты длительно Действовавшим давлением $P_{cp}^0 \geq 0,8R$. Реконструируемые здания в течение всего срока их эксплуатации находятся в хорошем техническом состоянии. Следовательно, превышение расчетного сопротивления R при надстройках может быть допущено в тех случаях, когда в подлежащих реконструкции зданиях грунты оснований обжаты давлением составляющим не менее 80% расчетного по СНиП 2.02.01-83* [17]. Значение

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

перегрузки будет зависеть как от вида грунта и его состояния, так и от параметров фундаментов.

Реконструкция жилых, общественных и промышленных зданий производится с целью устранения их физического и морального износа и сопровождается усилением или заменой отдельных конструкций либо изменением размеров зданий (надстройкой и пристройкой). При выполнении этих видов работ здания могут быть переоборудованы под здания с другим назначением. В процессе капитального ремонта и реконструкции зданий могут осуществляться:

- замена междуэтажных перекрытий, перемычек, колонн, прогонов, балконов, элементов лестничных клеток, крыш, покрытий, газопроводных и вентиляционных каналов и тому подобных конструкций сборными или сборномонолитными железобетонными конструкциями;

- замена мансардных помещений и высоких чердаков дополнительным этажом за счет небольшого наращивания стен;

- надстройка дополнительных этажей над зданиями без реконструкции или с перестройкой расположенных ниже помещений.

Применение тяжелых железобетонных элементов вместо деревянных и металлических - одна из причин увеличения постоянной нагрузки на основание и фундаменты реконструируемых зданий. Снижение этой нагрузки можно достичь использованием легких бетонов на естественных и искусственных заполнителях. Так, при замене детали из бетона на пористых заполнителях из автоклавного ячеистого бетона их масса уменьшается на 0,4 - 0,5 т на 1 м³ снижается расход арматуры.

Перспективными для снижения нагрузки на фундаменты реконструируемых зданий являются клееные деревянные конструкции. Они имеют малую массу, высокую удельную прочность и жесткость, коррозионностойки, легко обрабатываются и могут быть изготовлены любых форм и размеров.

При надстройке зданий вес несущих конструкций и ограждающих строительных конструкций также создает дополнительную нагрузку к ранее действовавшей постоянной нагрузке на фундаменты. В ряде случаев новая нагрузка превышает существовавшую на 30 - 50%. Поэтому число надстраиваемых этажей или в конечном итоге возможность реконструкции зданий с повышением нагрузок определяется несущей способностью оснований фундаментов.

Для выявления резервов в несущей способности грунтов оснований, обусловленных заниженными требованиями норм, представляется целесообразным изучить и проанализировать ранее применявшиеся методы проектирования оснований, а также значения допустимых старыми нормами давлений на основные разновидности грунтов. Это необходимо потому, что реконструкции и капитальному ремонту с повышением нагрузок подвергаются главным образом здания, исчерпавшие расчетные сроки эксплуатации. Анализ опыта надстройки большого числа зданий и изучение свойств грунтов их оснований, при длительной эксплуатации под нагрузкой от фундаментов, позволяют с высокой степенью достоверности вводить повышающие коэффициенты к несущей способности, определенной для грунтов ненарушенной структуры.

Обобщение опыта проектирования фундаментов реконструируемых зданий показывает, что до сих пор не разработано нормативных документов, которые бы учитывали специфические особенности изменения свойств различных типов грунтов несущего слоя основания фундаментов за период эксплуатации зданий. В результате этого часто проектировщики при оценке загрузки оснований фундаментов, назначении размеров подошвы или при определении деформаций оснований реконструируемых зданий допускали ошибки, что приводило к нерациональным затратам в период выполнения строительных работ.

В настоящее время практика расчета оснований сооружений по деформациям чаще базируется на принципе линейной деформируемости грунтов (СНиП 2.02.01 - 83* - Основания зданий и сооружений [17]). В качестве критерия, ограничивающего прямо пропорциональную зависимость осадки фундамента от прикладываемого давления, принята величина расчетного сопротивления грунта основания R . Существуют различные методы определения расчетного сопротивления грунта основания, которые используются для проектирования фундаментов реконструируемых зданий (работы Ю.И. Дворкина, В.А. Зурнаджи, П.А. Коновалова, А.В. Пилягина, А.И. Полищука, А.Г. Ройтмана, Е.А. Сорочана, В.М. Улицкого, И.И. Макрова, М.П. Филатовой, В.И. Фелкина, В.Б. Швеца, Г.И. Швецова и др.). В большинстве этих методов при определении величин R предлагается, в зависимости от грунтовых условий и срока эксплуатации зданий, учитывать эффект обжатия грунта осно-

вания давлением фундаментов длительно эксплуатируемых зданий. Величину R поэтому называют расчетным сопротивлением уплотненного грунта основания $R_{\text{вн}}$ («повышенным давлением на основание» или «расчетным сопротивлением грунта, уплотненного давлением от фундаментов»). Рассмотренные методы определения расчетного сопротивления уплотненного грунта основания $R_{\text{вн}}$ имеют ограниченную область применения и нуждается в дальнейшем совершенствовании. Так, А.И. Полищук в 2000 г. усовершенствовал метод определения расчетного сопротивления $R_{\text{вн}}$ уплотненного давлением фундаментов грунта основания путем учета эффекта обжатия грунтов в процессе эксплуатации зданий и экспериментальных данных об изменении свойств грунтов, залегающих под подошвой фундаментов. Метод рекомендуется использовать при проектировании фундаментов мелкозаложенных реконструируемых зданий на пылеватых глинистых грунтах, базируясь на многочисленных экспериментальных данных натурных исследований. Для оценки степени уплотнения грунтов основания эксплуатируемых зданий до их реконструкции и восстановления в Томске и области было обследовано в течение 15 лет 130 зданий, построенных в 1900 - 1995 гг. Примерно 80% зданий были построены на фундаментах мелкозаложенных.

Инженерно-геологические условия площадок зданий классифицировались как сложные. В пределах глубины сжимаемой толщи оснований фундаментов преимущественно залегали пылевато-глинистые грунты. В большинстве случаев несущими слоями оснований являлись суглинки мягко- и текучепластичные, а также супеси пластичные. Практически все исследуемые площадки характеризовались наличием зеркала подземных вод.

Для оценки изменения физико-механических свойств грунтов вследствие их уплотнения давлением фундаментов и определения $R_{\text{вн}}$ были проведены экспериментальные исследования. Была выявлена также закономерность изменения ρ , c и φ в зависимости от степени обжатия грунтов основания P/R . Изменение характеристик грунтов вследствие их уплотнения давлением фундаментов оценивалось приращениями $\Delta\rho$, Δc , $\Delta\varphi$, выражаемыми в процентах.

При уплотнении основания длительно действующим давлением фундаментов плотность грунта ρ может возрастать до 20%. При этом наибольшие значения ρ получены для пылевато-глинистых грунтов (суглинков, супе-

сей) с показателем текучести $J_L \leq 0,5$ при $P/R = 1$.

Исследования показали, что свойства пылевато-глинистых, уплотненных давлением фундаментов длительно эксплуатируемых зданий улучшаются, когда грунты основания обжаты вертикальным давлением составляющим 50% и более от R .

На основе исследований и обобщения архивных материалов А.И. Полищуком был предложен метод определения $R_{\text{вн}}$, в основу которого положена формула (7) СНиП 2.02.01 - 83* для определения R со всеми предположениями и ограничениями.

Предлагаемый метод учитывает вызванные уплотнением и обводнением (замачиванием) изменения свойств грунтов, залегающих в основании фундаментов длительно эксплуатируемых зданий. В общем виде значение $R_{\text{вн}}$ предлагается определять по формуле:

$$R_{\text{вн}} = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} K_{\gamma} b \gamma_{\text{II}} K_{\gamma} + M_q d_1 \gamma_{\text{II}}' + (M_q - 1) d_q \gamma_{\text{II}}' + M_c C_{\text{II}} K_c] K_s,$$

где K_{γ} , K_c - коэффициенты, учитывающие изменение ρ и c за период эксплуатации здания;

M_{γ} , M_q , M_c - коэффициенты, принимаемые по табл.4 в зависимости от угла внутреннего трения φ_{II} грунта основания, уплотненного давлением от эксплуатируемого здания: $\varphi_{\text{II}} = \varphi_{\text{II}} K_{\varphi}$;

φ_{II} - угол внутреннего трения естественно-го (неуплотненного) грунта основания, град;

K_{φ} - коэффициент, учитывающий изменение φ_{II} за период эксплуатации здания;

K_s - коэффициент, учитывающий степень реализации (использования) предельной осадки фундамента за период эксплуатации здания.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (7) СНиП 2.02.01-83* [17].

Значения коэффициентов K_{γ} , K_{φ} , K_c , приведенные в таблице, установлены экспериментально для пылевато-глинистых грунтов и сроке эксплуатации здания более 15 лет. Они выбираются в зависимости от отношения среднего давления по подошве фундамента здания p до его реконструкции к расчетному сопротивлению R , которое принималось при первоначальном проектировании объекта.

По результатам исследований автора коэффициенты установлены как отношение характеристик уплотненных давлением фундаментов и естественных грунтов. Для определения K_{γ} , K_{φ} , K_c использовались также ре-

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ КОМПЛЕКСА ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

зультаты исследований, опубликованных в работах М.В. Балюры (1978 г.), Б.И. Далматова (1980 -1985 гг.), Р.С. Зиангирова (1986 г.), П.А. Коновалова (1980 – 1988 гг.), ИВ. Коротких (1979 г.) А.Г. Ройтмана (1971 – 1978 гг.), И.А. Сафохиной (1981 -1987 гг.), Е.А. Сорочана (1976 – 1986 гг.), В.М. Улицкого (1985 – 1998 гг.) и др.

Таким образом, описанный метод определения $R_{\text{уп}}$ может быть использован при проектировании фундаментов реконструируемых зданий. В отличие от известных методов предложенный метод имеет более широкую область применения и распространяется на пылевато-глинистые грунты от твердой до текуче-пластичной и текучей консистенции.

Для оценки эксплуатационной пригодности длительно эксплуатируемых зданий необходимо знать фактические деформации оснований (осадки и их неравномерности, прогибы, крены и др.), выявить как они протекают во времени, когда заканчиваются и какие деформации оснований можно ожидать в случае повышения нагрузок на фундаменты. Значительный вклад в разработку данных вопросов в различное время внесли М.Ю. Абелев, П.А. Аббасов, А.А. Бартоломей, М.Н. Гольдштейн, Б.И. Далматов, К.Е. Егоров, Ю.К. Зарецкий, В.А. Ильичев, П.А. Коновалов, В.И. Кругов, С.Г. Кушнер, В.В. Лушников, М.В. Малышев, В.В. Михеев, А.В. Пилягин, А.И. Полищук, Е.А. Сорочан, В.И. Соломин, С.Н. Сотников, В.Ф. Сидорчук, Р.А. Токарь, З.Г. Тер-Мартirosян, С.Б. Ухов, А.Б. Фадеев, Н.А. Цытович, И.И. Черкасов и др.

Экспериментальными исследованиями ряда организаций [НИИОСП им. Н.М. Герсванова, ОГАСА, АКХ им. К.Д. Памфилова и др.] о развитии деформаций длительно эксплуатируемых зданий в обычных инженерно-геологических условиях (без наличия грунтов с неблагоприятными специфическими свойствами) установлено, что фактические стабилизированные осадки фундаментов составляют обычно 25 – 30% от расчетных значений. Исключения составляют здания, возведенные на слабых сильносжимаемых грунтах, у которых фактические осадки фундаментов могут превышать расчетные значения [исследования МГАСУ, СПбГАСУ, ТГАСУ и др.]. Объясняется это условностью принятых расчетных схем, которые не учитывают фактическую работу оснований длительно эксплуатируемых объектов.

Перспективным направлением в оценке изменений прочностных и деформационных свойств лессовых оснований являются микро-

структурные исследования. Изменению микроструктуры лессовых грунтов Приобского плато под влиянием различных механических воздействий, к которым относится и давление от фундамента при длительной эксплуатации, посвящены работы Вяткиной Е.И.

Выполненный анализ позволяет сделать вывод о том, что проблема совершенствования методов проектирования фундаментов реконструируемых зданий может быть решена при комплексном подходе, который учитывает обжатие грунтов давлением длительно эксплуатируемых зданий, особенности изменения свойств грунтов, но все выше указанные работы основаны на многочисленном анализе фактического экспериментального материала без учета внутренних процессов, происходящих в грунте оснований.

Учитывая выше сказанное, актуальна тема прогнозирования изменений прочностных и деформационных характеристик лессовых грунтов в основании длительно эксплуатируемых зданий и сооружений. Благодаря методам прогнозирования можно значительно уменьшить объем дорогостоящих повторных инженерно-геологических изысканий и выполнить реконструкцию, в том числе увеличение этажности, зданий и сооружений без реконструкции существующих фундаментов, что принесет существенный экономический эффект. Все это нашло отражение в формулировании цели и задач исследований.

Задачи и методы исследований

Целью работы является разработка комплекса приборов для реализации методов контроля изменений свойств лессовых грунтов в основаниях длительно эксплуатируемых зданий.

Задачи:

1. Разработать новые методы исследования физико-механических, прочностных и деформационных характеристик лессовых грунтов с применением приборов, оснащенных электронными блоками для повышения их быстродействия и точности получаемых результатов.

2. Создать алгоритм определения физико-механических, прочностных и деформационных характеристик лессовых грунтов с использованием приборов, оснащенных электронными блоками.

3. Провести сравнительный анализ результатов состояния лессовых грунтов, полученных традиционными и вновь разработанными методами.

4. Определить метрологические характеристики разработанных приборов и провести сравнительный анализ с аналогичными стандартными приборами.

5. Выполнить анализ повышения точности и быстродействия определения состояния лессовых грунтов разработанными приборами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Швецов А.Я. Золово-почвенная гипотеза происхождения лессов Алтая и их инженерно-геологические особенности: Автореф. дисс...канд. геол.-мин. наук. – Барнаул, 1998.-41 с.

2. Никитенко Ф.А. Современные проблемы фундаментостроения и строительство зданий и сооружений на лессовых просадочных грунтах // Проектирование и строительство инженерных сооружений на макропористых лессовых грунтах: Материалы научн-техн. совещ. – Барнаул, 1972.-С. 3-13.

3. Полищук А.М. Совершенствование методов проектирования фундаментов реконструируемых зданий на пылевато-глинистых и искусственных грунтах: Автореф. дисс...докт. тех. наук. – Пермь, 1997.-46 с.

4. Полищук А.И. Подход к оценке загрузки оснований фундаментов реконструируемых и восстанавливаемых зданий // Вестник №1 ТГАСУ.-Томск, 2000. – С. 313-326.

5. Полищук А.И., Лобанов А.А. Оценка загрузки оснований фундаментов реконструируемых зданий с использованием персональных ЭВМ.-Томск: Изд-во Том. ун-та, 1996.-134 с.

6. Полищук А.И. Назначение расчетного сопротивления грунта основания при проектировании фундаментов реконструируемых зданий // Основания, фундаменты и механика грунтов.-2000.-№3.-С. 6-10.

7. Приклонский В.А. Грунтоведение. Изд-е 3-е.-М., 1955.-430 с.

8. Шаров В.И., Тофанюк Ф.С., Швецов Г.И. О корреляционных зависимостях между отдельными физико-механическими свойствами лессовых пород Новосибирского Приобья // Сб. науч. тр. – Томск: Изд-во ТГУ, 1967.- Т. XII.- С. 43-45.

9. Акулова В.В. Структура, просадочность и тиксотропно-реологические свойства лессовых пород Иркутского амфитеатра: Автореф. дисс...канд. геол.-мин. наук. – Иркутск, 1994.-18 с.

10. Полищук А.И. О пределах применимости теории линейно-деформируемой среды к расчету фундаментов на лессовых грунтах // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1982. – №4. – С. 21-25.

11. Полищук А.И. Методологический подход к решению задач по оценке загрузки оснований фундаментов реконструируемых и восстанавливаемых зданий // Лессовые просадочные грунты: исследования, проектирование и строительство: Тез. докл. междунар. науч.-практич. конф. – Барнаул, 1996. – С. 25-26.

12. Далматов Б.И., Улицкий В.М. Обследование оснований и фундаментов реконструируемых зданий. Текст лекций. –Л.: ЛИСИ, 1985.-36 с.

13. Коновалов П.А. Экспериментальное исследование деформаций оснований под штампами и фундаментами зданий: Автореф. дисс...канд. техн. наук. – М., 1965. –20 с.

14. Коновалов П.А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. – М.: Стройиздат, 1988.-287 с.

15. Ройтман А.Г. Натурные экспериментальные исследования уплотнения основания под фундаментами эксплуатируемых зданий // Тр. АКХ, 1971.-Вып. 74.-С. 138-146.

16. Сотников С.Н., Симагин В.Г., Вершинин В.П. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений. – М.: Стройиздат, 1986.-96 с.

17. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1999.-48 с.