

УСТРАНЕНИЕ КРЕНОВ ФУНДАМЕНТОВ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДРАБОТКОЙ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПОД ЕГО ПОДОШВОЙ

Запропоновано розрахункову геомеханічну модель ґрунтової основи, що відповідає фізичному стану ґрунтів під стрічковим фундаментом, підроблюваних горизонтальними свердловинами. Наведено структурну схему пристрою для контролю параметрів системи «підроблювана ґрунтова основа – стрічковий фундамент з креном». В процесі усунення зверхнормативних кренів будівель і споруд можуть виникати непередбачувані обставини технологічного, організаційного характеру, які впливають на напружено-деформаційний стан системи «основа – фундамент – верхня будівля». Тому при виконанні таких робіт необхідно мати достовірну інформацію про фактичний напружено-деформаційний стан об'єкту. Для проведення моніторингу в масштабі реального часу розроблена і широко застосовується автоматична інформаційно-вимірювальна система. Технічні методи системи включають в себе індуктивні датчики, вимірювачі індуктивності, блок збору і передачі інформації, лінії зв'язку. Багаторазове моделювання напружено-деформованого стану будівель і споруд з використанням автоматизованої вимірювально-інформаційної системи і програмного комплексу «Геомеханіка» [1] дозволяє коректувати проект при усуненні зверхнормативних кренів і регулювати технологічні осадки з метою зниження ризику.

Предложена расчетная геомеханическая модель ґрунтового основания, соответствующая физическому состоянию ґрунтов под ленточным фундаментом, подрабатываемых горизонтальными скважинами. Приведена структурная схема устройства для контроля параметров системы «подрабатываемое ґрунтовое основание – ленточный фундамент с креном». В процессе устранения зверхнормативных кренів зданий и сооружений могут возникать непредвиденные обстоятельства технологического, организационного характера, которые влияют на напряженно-деформированное состояние системы «основание – фундамент – верхнее строение». Поэтому при производстве таких работ необходимо иметь достоверную информацию о фактическом напряженно-деформированном состоянии объекта. Для проведения мониторинга в масштабе реального времени разработана и широко применяется автоматизированная измерительно-информационная система. Технические средства системы включают в себя: индуктивные датчики, измерители индуктивности, блок сбора и передачи информации, линии связи. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений с использованием автоматизированной измерительно-информационной системы и программного комплекса «Геотехника» [1] позволяют корректировать проект при устранении зверхнормативных кренів и регулировать технологические осадки с целью снижения риска.

The geomechanical design model of soil base, corresponding to the physical state of soils (underworked by horizontal cylindrical boreholes) under the strip foundation, is offered. The block diagram of device for control of parameters of the system «underworked soil base – strip foundation with tilt» is presented. The unforeseen circumstances of technological and organizational character, which influence on the stressed-and-strained state of the system «base – foundation – superstructure» can arise during the elimination of excessive tilts of buildings and structures. Therefore it is necessary to have trustworthy information about the actual stressed-and-strained state of an object during making such works. The automated measurement-and-information system has been developed and widely applied for conducting the real time monitoring. The technical means of system include: inductive gauges, instruments for inductance measurements, information-gathering block and communication lines. Numerical modeling of the stressed-and-strained state of buildings and structures with use of the automated measurement-and-information system and program complex «Geotekhnika» [1] allows correcting the project during the elimination of excessive tilts and controlling the technological settlements in order to reduce a risk.

ВВЕДЕНИЕ

Крен, осадки, механические напряжения в системе «ґрунтовое основание – фундамент» являются основными параметрами, необходимыми при расчете начального и текущего значений ее НДС, а, следовательно, и ее эксплуатационного ресурса до устранения и после устранения крена. Нормативными документами ограничиваются

допустимые величины кренів зданий и сооружений. Однако во многих случаях крен, осадки и механические напряжения, возникающие в системе «ґрунтовое основание – ленточный фундамент» на разных этапах эксплуатации строительного объекта, могут превысить допустимые и предельные величины. Поэтому для дальнейшей эксплуатации здания, как в процессе устранения

крена, так и после его устранения необходимо разработать технологический процесс устранения кренов здания путем изменения физико-механических параметров грунта и характера локального распределения нагрузок со стороны фундамента. Для этого требуется разработать способ и технические средства для непрерывного контроля (мониторинга) основных параметров НДС системы «грунтовое основание – ленточный фундамент»: локальных осадок, крена ленточного фундамента, механических напряжений. Необходимо также разработать способ идентификации и корректировки НДС грунтового основания [2]. Для решения этих задач требуется также разработать автоматическую дистанционную систему для непрерывного проведения мониторинга НДС системы «грунтовое основание – ленточный фундамент».

Технологические способы, используемые при устранении крена зданий и сооружений

Устранение кренов зданий и сооружений производится путем воздействия на подсистему «фундамент – верхнее строение», например, изменением плано-высотного положения зданий путем использования поршневых, плоских металлических или резиновых домкратов. Домкраты устанавливаются в специальные ниши в фундамента-подвальной части здания и объединяются в одномагистральные или модульные системы. Возможно также опускание верхнего строения за счет активных конструктивных систем, размещенных при строительстве в цокольных несущих элементах. Конструктивные системы включают в себя термопластические элементы (асфальтобетон, полимеры и т.д.) или регулирующие устройства, в которых в качестве удаляемой рабочей среды наиболее часто используется песок или вода.

Воздействие на подсистему «фундамент – верхнее строение» осуществляется также путем изменения физико-механических параметров грунтов оснований или их подработкой. Для изменения физико-механических характеристик грунтов, с целью корректировки величины осадок фундаментов здания, используются различные технологические способы: регулируемое замачивание (пропаривание) грунта; пригрузка основания дополнительной статической нагрузкой; пригрузка (разгрузка) основания натяжными устройствами; электроосмос. Из приведенных технологических способов наиболее рациональным является способ на основе подработки грунта горизонтальными цилиндрическими скважинами, т.к. становится возможным подработка

грунта в основании фундаментов бурением скважин вертикально, наклонно или горизонтально относительно подошвы фундамента, при этом используются следующие виды бурения: механическое, механическое с обсадкой, ударное, гидромеханическое, роторное, а также подрезка бесконечной цепью. Для подъема фундаментов просевшей части здания может применяться высоконапорная инъекция в грунтовое основание строительного объекта. В настоящее время наиболее широкое применение находит технология устранения кренов зданий, основанная на локальной горизонтальной подработке грунтового основания цилиндрическими скважинами (рис. 1), позволяющей сформировать НДС грунтового основания в области упругих деформаций.



Рис. 1. Бурение цилиндрических скважин со стороны котлована под подошвой ленточного фундамента

Работы по локальной горизонтальной подработке грунтового основания обычно производятся путем выполнения следующих технологических операций:

- анализ характера природного НДС грунтового основания;
- определение параметров плано-высотного положения контролируемого объекта и его корректировка;
- устройство котлована со стороны менее просевшей части объекта и его упрочнения;
- удаление необходимого количества грунта из-под подошвы фундамента строительного объекта на основе бурения горизонтальных цилиндрических скважин с предварительно рассчитанными (на стадии проекта) основными их параметрами: длина, шаг и диаметр скважин, и их изменение по длине фундамента;
- регулирование технологических осадок для получения их равномерного распределения по длине фундамента путем локального увлажнения

нения, разрыхления грунта вокруг скважин в процессе устранения крена строительного объекта;

- выполнение обратной засыпки котлована.

Геомеханическая и расчетная модель НДС системы «грунтовое основание – ленточный фундамент» при подработке грунта горизонтальными цилиндрическими скважинами

На рис. 2 приведен разработанный вариант геомеханической модели системы «подрабатываемый грунтовой массив – ленточный фундамент с креном», которая позволяет учесть основные физические процессы формирования напряженно-деформированного состояния в данной системе при бурении горизонтальных цилиндрических скважин (рис. 2).

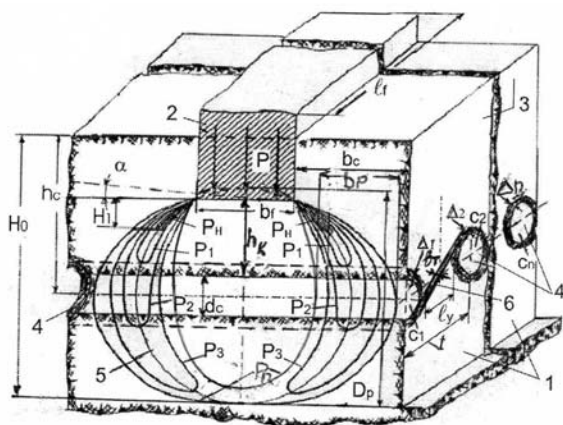


Рис. 2. Геомеханическая модель напряженно-деформированного состояния подрабатываемого грунтового массива под подошвой ленточного фундамента с креном

На рис. 2: 1 – грунтовое основание; 2 – ленточный фундамент; 3 – откос котлована; 4 – цилиндрические горизонтальные скважины; P – начальная нагрузка; b_c – толщина грунтовой стенки; b_f , l_f , α – ширина, длина, угол наклона фундамента; $C_1 \dots C_n$ – горизонтальные цилиндрические скважины; h_0 , d_c , t – глубина заложения, диаметр и шаг скважины; H_0 – максимальная физическая толщина грунтового массива; P_n – область зарождения начальной пластической деформации у грани фундамента; H – высота начальных пластических областей; P_1 , P_2 , P_3 – пластические области, возникающие по линии окружности 5 в грунтовой массе; Δ_1 , Δ_2 , ..., Δ_n – ширина пластических областей в грунте по периметру скважин; 6 – характерное разрушение трещиной грунта целика.

Особенностью геомеханической модели, приведенной на рис. 2, является то, что в скважинах

$C_1 \dots C_n$ по их периметру по концам, например, трещины 6 выполнены концентраторы механических напряжений, например, в виде искусственно сформированных по длине скважины концентраторов механических напряжений, например, вывалов [1]. Это позволяет процесс разрушения целиков 1 сделать воспроизводимым, а, следовательно, становится возможным регистрировать момент их разрушения, например, по величине изменения геометрических размеров скважин: их диаметра в направлении горизонтальной и вертикальной осей симметрии, которые могут быть измерены с помощью стандартных устройств.

В приведенной на рис. 2 геомеханической модели контур поперечного сечения скважин, полученных сразу после их бурения, имеет форму окружности, по периметру которой в грунте формируются технологические пластические области в виде колец шириной Δ [3, 4]. Приведенная геомеханическая модель грунтового основания (рис. 2) со скважинами после бурения учитывает процесс изменения НДС в грунтовой массе, т.к. после бурения скважин происходит перераспределение нагрузки P , действующей на фундамент после бурения скважин. Поэтому часть скважин оказывается в зоне действия нагрузок P_1 больше начальных P_0 , а другая часть – P_2 с величиной меньше P_0 . В результате возникают неравномерные осадки ленточного фундамента и изменяется характер НДС в грунтовой массе. В скважинах, находящихся в области действия нагрузок P_1 конфигурация контура их сечения может изменяться от формы начального круга до эллиптической, квадратной и т.д., при этом контур их сечения имеет множество неровностей, например, в виде вывалов, которые являются мощными концентраторами напряжений и приводят к формированию в грунте вокруг скважин больших пластических областей, а, следовательно, и к резкому изменению характера НДС.

Практически большая часть строительных объектов имеет ленточный фундамент, выполненный на грунтовой подушке [5]. Это позволяет использовать расчетную модель в форме одного слоя [5, 6]. Как показано в [7], в этом случае расчетная модель имеет вид, показанный на рис. 3.

Приведенная расчетная схема грунтового основания (рис. 3), как показано в работе [7], может быть использована для оценки параметров грунтового основания для случая, когда объем локальных упругих областей значительно превышает объем локальных пластических областей. В этом случае становится возможным при

расчетах рассматривать модель в виде прямоугольника шириной « B » и толщиной « H_0 » [4].

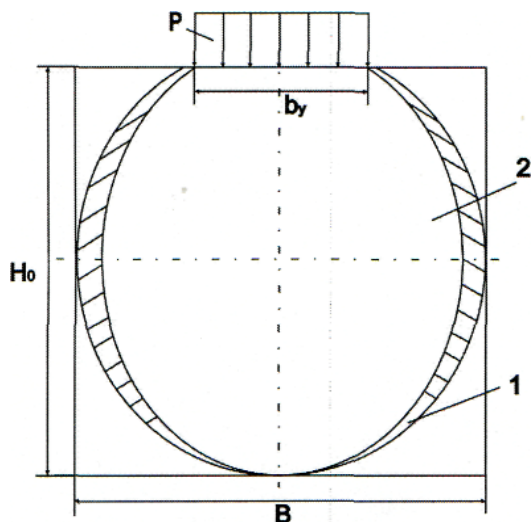


Рис. 3. Расчетная схема грунтового основания с учетом его физической толщины H_0 : 1 – контур развития пластических областей; 2 – область грунта, в котором бурятся горизонтальные скважины; b_1 – ширина фундамента; B – ширина грунтового основания в форме прямоугольника; P – распределенная нагрузка

Разработка способа идентификации НДС грунтового основания

В процессе устранения крена фундамента непрерывно происходит перераспределение полосовой нагрузки, а, следовательно, и непрерывное изменение НДС подрабатываемого грунтового основания. Поэтому при разработке расчетной модели грунтового основания использован принцип, в основу которого положено аппроксимация контура грунтового основания в виде прямоугольника (плоская задача) или параллелепипеда (пространственная задача), см. рис. 3.

Одной из проблем при расчете параметров НДС грунтового основания после подработки грунтов и в процессе устранения крена является определение характера НДС грунта, т.е. оценка зависимости между усилиями (напряжениями) и деформациями. Если эта зависимость линейна, то параметры НДС рассчитываются по теории линейных упругих деформаций, если нелинейна, то, как правило, используются различные приближенные методы, связанные, чаще всего, с аппроксимацией нелинейной зависимости осадок фундаментов от величины нагрузки [5].

Однако, остается нерешенной проблема расчета параметров напряженно-деформированного состояния грунта в процессе устранения крена зданий, т.к. трудно учесть непрерывное изменение характера НДС грунтового основания при изменении крена за счет перераспределения нагрузки, действующей на фундамент. Поэтому

требуется использование множества различных расчетных моделей для каждого значения угла наклона фундамента, составленных как на основе теории линейных деформаций, так и пластических (рис. 4). Поэтому необходим способ идентификации характера НДС грунта в процессе устранения крена ленточного фундамента, что позволит одновременно упростить решение задачи управления технологическим процессом устранения крена фундамента на основе коррекции физико-механических свойств грунта в локальных областях контроля таким образом, чтобы предельное сопротивление грунта не превышало установленного нормативного значения, т.е. НДС грунтового основания соответствовало линейному упругому участку до величины нагрузки P_{C1} .

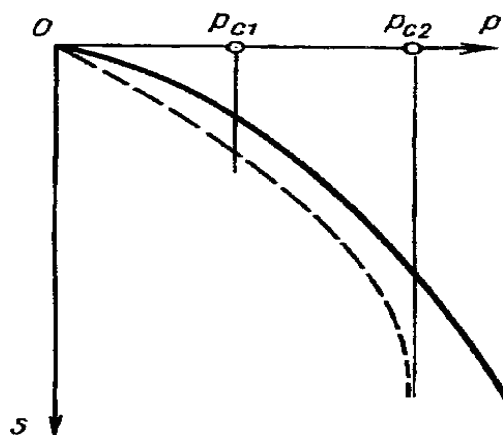


Рис. 4. Зависимость осадки фундамента S от давления P при нагружении без разгрузки: P_{C1} – первое критическое давление; $P_{C1}-P_{C2}$ – участок фазы сдвигов

Поэтому необходим способ идентификации характера НДС грунта в процессе устранения крена, что позволит одновременно упростить составление алгоритма управления физико-механическими свойствами грунта.

На приведенной зависимости (рис. 4) $S = \varphi(P)$ можно выделить характерные области НДС: линейная область до P_{C1} ; нелинейная область при нагружениях, больших $P_{л}$ до P_{C2} .

При этом в грунтовом основании происходит возникновение множества локальных пластически деформированных объемов грунта, распределенных по объему грунтового основания (рис. 5).

При устранении крена фундамента происходит перераспределение нагрузки, действующей на фундамент, что приводит к изменению характера НДС в грунтовом основании.

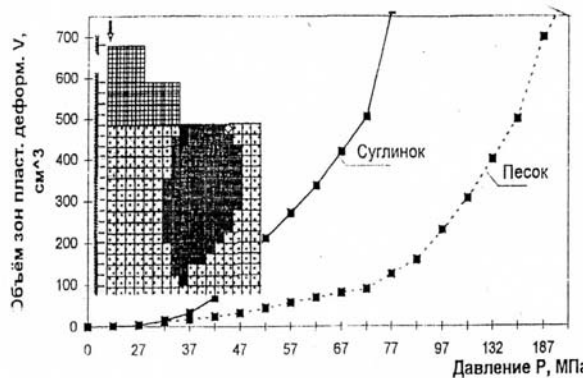


Рис. 5. Графики изменения объема (V) зон (областей) пластических деформаций при увеличении давления (P) на основании для жесткого фундамента (плоская задача МКЭ по программе «Гидромеханика»)

Поэтому получать непрерывно такие зависимости в многочисленных точках грунтового основания, например, под ленточным фундаментом, нереально, т.к. требуется построение новой зависимости $S = \varphi(P)$. В условиях выравнивания крена фундамента в первую очередь необходимо определить, в какой области НДС (см. рис. 4) находится грунт основания, что позволило бы при расчете параметров НДС использовать соответствующую расчетную модель НДС грунта. Эта проблема может быть решена согласно [6] на основе построения зависимости между объемом пластически деформированных областей $V_{\text{пр}}$, осадок S и величиной нагрузки P . Приведенная зависимость позволяет определять величину осадок грунтового основания, как при упругих, так и пластических деформациях. При возникновении в грунтовом основании предельного давления $P_{\text{пр}}$, объем зон пластических деформаций достигает предельной величины $V_{\text{пр}}$. Таким образом, идентификацию НДС грунтового основания можно проводить на основе предварительно полученных зависимостей $S = \varphi(P)$ и $V_{\text{пр}} = f(P)$, используя коэффициент отношения объема локальных пластически деформированных областей V_1 к объему V_0 локальных упругих областей в грунтовом основании по формуле:

$$K_0 = \frac{V_1}{V_0}. \quad (1)$$

Для определения пластических V_1 и упругих V_0 объемов могут быть использованы экспериментальные данные, например, изменения геометрических размеров скважин, происходящие в процессе устранения крена (рис. 6) и на стадии стабилизации осадок (рис. 7).



Рис. 6. Характер деформирования контура скважины после ее бурения



Рис. 7. Характер деформирования скважин на стадии стабилизации осадок фундамента

До настоящего времени задача идентификации НДС грунтового основания не решена. Однако можно подойти к ее решению на основе контроля деформаций контура цилиндрических скважин, полученных экспериментально совместно с аналогичной расчетной зависимостью, например, полученной на основе численного метода расчета (рис. 8) [1].

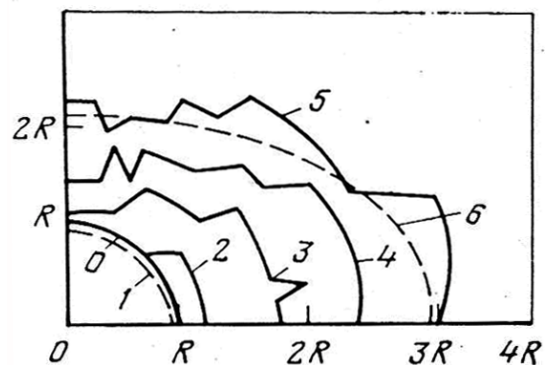


Рис. 8. Результаты определения численным методом границ пластических зон вокруг цилиндрических скважин при увеличении нагрузки:

0 – исходный контур отверстия; 1, 2, 3, 4 – границы пластических зон при увеличении нагрузки; 5 – контур пластической зоны по аналитическому решению

Из рис. 8 следует, что становится возможным, например, по величине деформации, возникающей в направлении вертикальной оси, определить и соответствующую ей величину механических напряжений на основе предварительно полученной зависимости механических напряжений от величины деформации, а, следовательно, провести идентификацию НДС грунтового основания. На рис. 8 приведены результаты расчета деформаций контура скважин численным методом при увеличении нагрузки [1].

Из рис. 8 следует, что по величине экспериментальных измеренных изменений диаметра скважин, например, в вертикальном направлении можно выбрать соответствующую им величину механических напряжений. Сравнивая эту величину напряжений с предельно допустимым значением, можно провести идентификацию грунтового основания. Если локальные значения напряжений в отдельных областях больше предельных, то они путем изменения физико-механических свойств грунта корректируются до значений меньше предельных.

Расчет параметров системы «грунтовое основание – ленточный фундамент» при устранении крена фундамента

После идентификации НДС грунтового основания в лабораторных условиях определяются прочностные и физико-механические параметры грунта по одной из известных методик [5, 6, 7]. Одним из основных факторов, влияющим на характер напряженно-деформированного состояния в подрабатываемом грунтовом массиве, является степень взаимодействия начальных пластических областей у граней фундамента [2] с пластическими областями, возникшими по контуру скважин [3]. Для исключения разрушения грунта в процессе этого взаимодействия глубина заложения горизонтальных скважин должна быть не больше $\frac{1}{4}$ ширины ленточного фундамента [2]. Поэтому, в процессе устранения крена фундамента, характер распределения нагрузки по длине фундамента становится более равномерным, что практически сводит к минимуму возможность взаимодействия между этими пластическими областями в процессе устранения крена. Шаг и диаметр скважин определяется с учетом характера распределения технологических величин осадок по длине фундамента и рассчитывается с учетом ширины кольцевых пластически деформированных областей, сформированных вокруг скважин [3]. При этом в области грунта между двумя рядом расположенными скважинами не должно происходить взаимодей-

ствие кольцевых пластических областей. В значительной степени характер напряженно-деформированного состояния грунтового массива при взаимодействии с нагрузкой зависит от его физической толщины, которая может быть рассчитана по соотношению, приведенному в работе [4]. В процессе устранения крена фундамента непрерывно происходит перераспределение поперечной нагрузки, а, следовательно, и непрерывное изменение напряженно-деформированного состояния подрабатываемого грунтового основания. Поэтому при разработке расчетной модели грунтового основания использован принцип, в основу которого положена аппроксимация грунтового основания в виде прямоугольника (плоская задача) или параллелепипеда (пространственная задача), см. рис. 3.

С учетом геомеханической и расчетной модели, приведенной на рис. 2, 3, и расчетных формул, приведенных в [7], получены соотношения для расчета основных параметров НДС:

$$\begin{aligned} \sigma_{xk} &= \sigma_x K_0, & \sigma_{yk} &= \sigma_y K_0, & \tau_{yk} &= \tau_y K_0; \\ S_{0k} &= S_0 K_0, & S_{mk} &= S_m K_0, & V_{(x,y)} &= VK_0; \\ U_{(x,y)} &= UK_0, \end{aligned}$$

где K_0 – корректирующий коэффициент, учитывающий соотношение упругих и пластических областей в грунте; σ , S , U – соответственно, механические напряжения, осадки и смещения.

Разработка технических средств и устройств для автоматического мониторинга основных параметров НДС системы «грунтовое основание – ленточный фундамент» при устранении крена фундамента

На рис. 9 приведена разработанная структурная схема построения автоматического устройства для контроля основных параметров НДС системы «грунтовое основание – ленточный фундамент». На практике часто возникает расхождение в прогнозируемых и фактических значениях рассчитываемых параметров расчетной модели грунтового основания, например, технологических осадок и крена строительного объекта и т.д. Поэтому в проектах необходимо предусматривать инженерные мероприятия (мониторинг в режиме реального времени, технологические приемы регулирования осадок по расчетной эпюре и др.), которые на всех этапах выполнения работ по устранению крена здания позволяют обеспечивать равенство прогнозируемых и фактических деформаций системы «подрабатываемое основание – ленточный фундамент с креном». Для предложенной расчетной модели сис-

темы «подрабатываемое грунтовое основание – ленточный фундамент с креном» основными контролируруемыми параметрами являются:

- коэффициент идентификации подрабатываемого основания;
- глубина заложения, диаметр, шаг цилиндрических скважин;
- характер изменения технологических осадок и крена фундамента;
- изменения деформаций контура скважин в процессе устранения крена фундамента

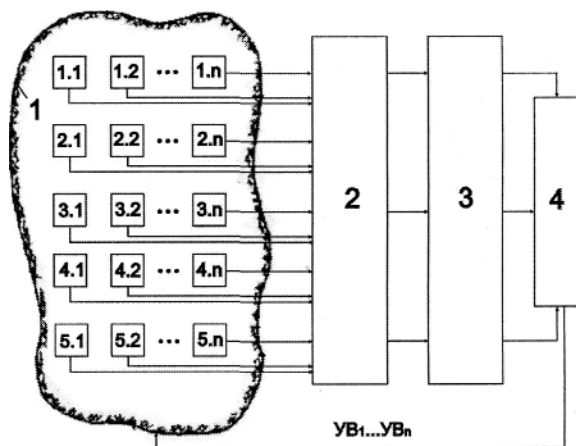


Рис. 9. Структурная схема построения автоматического устройства для контроля параметров расчетной модели и идентификации характера напряженно-деформированного состояния в грунтовом основании

На рис. 9: 1 – объект с креном; 2 – коммутатор мультиплексор; 3 – блок измерения и расчета геометрических, физико-механических, прочностных параметров грунтового основания и фундамента, коэффициента идентификации напряженно-деформированного состояния; 4 – блок анализа и формирования управляющих воздействий УВ1...УВn для коррекции технологического процесса устранения крена и корректировки НДС; 1.1...1.n, ..., 5.1...5.n – соответственно, измерительные преобразователи осадок, крена, выпора грунта, изменения геометрических параметров скважин и механических напряжений

Универсальная структурная схема включает блок непрерывного расчета напряженно-деформированного состояния грунта в технологическом процессе устранения крена фундамента, а также блок формирования текущих управленческих команд. Это позволяет определять локальные зоны грунта, требующие управленческого воздействия, например, на основе коррекции технологических осадок под подошвой ленточного фундамента. При построении структурной схемы контроля основных параметров НДС сис-

темы «грунтовое основание – ленточный фундамент» в процессе устранения крена зданий использованы электромагнитные бесконтактные измерительные преобразователи [8], которые позволяют определять непосредственно на строительном объекте его крен, осадку и механические напряжения. Все конструктивные и технические характеристики датчиков опубликованы в [8]. Особенностью использованных датчиков является то, что они позволяют непрерывно контролировать основные параметры НДС в диапазоне: осадку до 50 см, механические напряжения в пределах участка Гука, а также абсолютную величину и направления крена фундамента. В конструкции индикатора контроля момента возникновения выпора грунта использованы бесконтактные индуктивные датчики смещения, состоящие из двух ферромагнитных частей, закрепленных соответственно на поверхности грунта фундамента и на боковой поверхности ленточного фундамента. Размещение таких датчиков по длине фундамента позволяет контролировать начальный момент выпора грунта, который соответствует его переходу в пластическое состояние.

При практической реализации разработанного принципа построения структурной схемы автоматической системы, используемой в технологическом процессе устранения крена фундамента для получения основных параметров НДС грунтового основания, в ее информационный канал включены следующие измерительные преобразователи и датчики:

- индуктивный датчик непрерывного контроля осадок ленточного фундамента в диапазоне до 50 см (рис. 10) [8];
- измерительный индуктивный преобразователь контроля осадок на основе преобразования смещений магнитопровода в индуктивность (рис. 10, а) [8] в составе датчика контроля осадок, состоящего из двух однотипных преобразователей (рис. 10, б) – рабочего и эталонного;
- локальный индуктивный датчик (рис. 10, в) для контроля смещений с измерительным преобразователем (рис. 10, а);
- индуктивный датчик для контроля величины и направления главных напряжений в ленточном фундаменте на основе использования магнито-упругого эффекта (рис. 11) [9] с автономным режимом работы;
- индуктивный датчик для дистанционного контроля изменений величины и направления крена ленточного фундамента в диапазоне до предельного значения (рис. 13, 14).

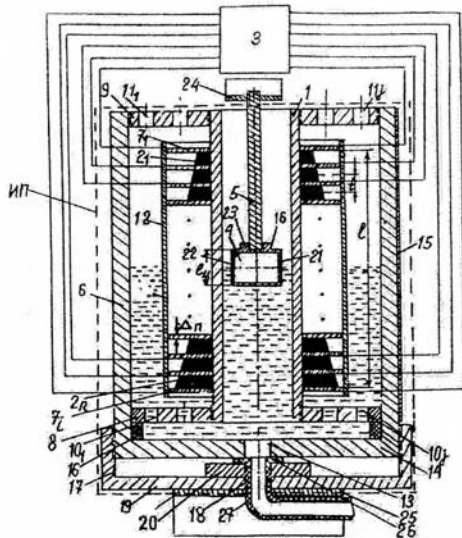


Рис. 10, а. Индуктивный измерительный преобразователь для контроля осадок

На рис. 10, а: 1 – диэлектрическая втулка, длиной ℓ ; 2₁...2_n – катушки возбуждения; 3 – устройство измерения индуктивности и расчетов контролируемого параметра; 4 – цилиндрический якорь со штоком; 5, 6 – несущий стакан; t – шаг установки шайб; 7₁...7_i – электропроводные шайбы; 8, 9 – диэлектрические кольца с отверстиями 10_i...10_j и 11_i...11_j; 12 – изоляционная диэлектрическая втулка; 13 – отверстия в основании 14; 15 – шкала смещений; 16 – ограничивающее кольцо; 17 – диэлектрическая крышка с отверстием 18; 19 – основание крышки 17; 20 – диэлектрическая шайба; 21 – ферромагнитный цилиндр с электропроводным покрытием 22; 23 – основание якоря; 24, 25 – монтажные уголки; 26 – втулка; 27 – трубка.



Рис. 10, б. Контроль осадок устройством, состоящим из двух индуктивных датчиков с магнитопроводом, закрепленным на поплавке



Рис. 10, в. Датчик для контроля осадок фундаментов зданий и сооружений до 50 см с цифровым устройством контроля индуктивности типа UNIT

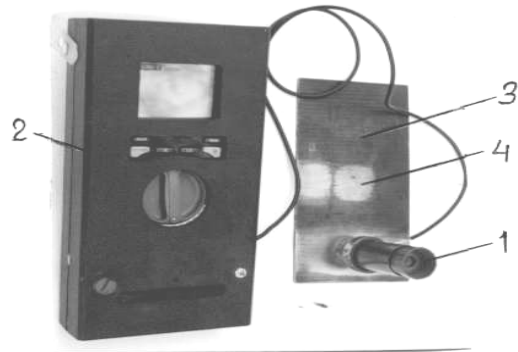


Рис. 11. Индуктивный датчик непрерывного контроля напряжений в ленточном фундаменте: 1 – индуктивный датчик; 2 – цифровой индикатор результатов контроля; 3 – тарировочная ферромагнитная пластина; 4 – разрушаемый участок

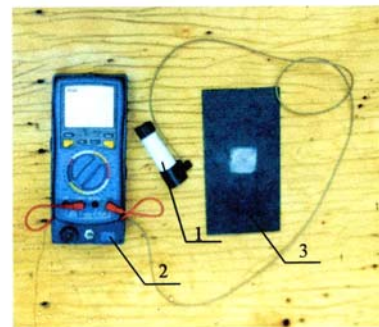


Рис. 12. Индуктивный датчик непрерывного контроля напряжений в металлоконструкциях: 1 – индуктивный датчик; 2 – цифровой индикатор результатов контроля; 3 – тарировочная ферромагнитная пластина с разрушенным царапинами поверхностным участком

На рис. 13 показан принцип построения универсального индуктивного датчика для контроля величины и направления смещения конструкций на основе контроля четырьмя датчиками 5 четырех зазоров ΔC между якорем 4 и датчиками 5, закрепленных на общем корпусе 1; 2 – контролируемый объект; 3 – крепление корпуса датчиков ИП1...ИП4; X, Y, Z – оси координат. ΔM_Z – смещения оси маятника.

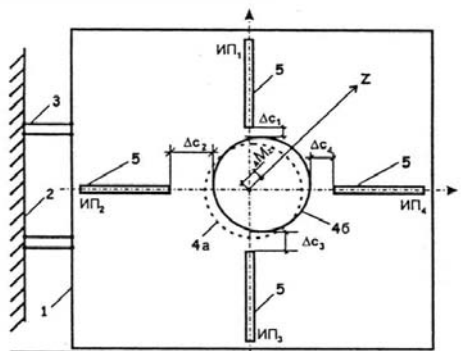


Рис. 13. Принцип построения универсального индуктивного датчика для контроля величины и направления смещения конструкций



Рис. 14. Пример построения универсального датчика с цилиндрическим корпусом

Выводы

1. Обоснован выбор наиболее рационального способа подработки грунтового основания путем бурения горизонтальных цилиндрических скважин.

2. Предложены геомеханическая и расчетная модели системы «подрабатываемое грунтовое основание – ленточный фундамент с креном» с учетом особенности технологии устранения крена горизонтальными цилиндрическими скважинами.

3. Предложен способ идентификации напряженно-деформированного состояния подрабатываемого грунтового основания.

4. Для практической реализации устранения сверхнормативных кренов фундаментов зданий и сооружений разработана структурная схема устройства контроля основных параметров НДС.

5. Для проведения непрерывного автоматического контроля основных параметров НДС разработаны конструкции датчиков крена, осадок и механических напряжений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фадеев, Н. Б. Метод конечных элементов в геомеханике [Текст] / Н. Б. Фадеев. – М.: Надра, 1987. – 221 с.
2. Мурзенко, Ю. Н. Расчет оснований зданий и сооружений в упруго-пластической стадии работы с применением ЭВМ [Текст] / Ю. Н. Мурзенко. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1989. – 135 с.
3. Терцаги, К. Теория механики грунтов [Текст] / К. Терцаги. – Гос. изд-во лит-ры по строит., архитект. и строит. материалам, 1961. – 208 с.
4. Харр, М. Е. Основы теоретической механики грунтов [Текст] / М. Е. Харр. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1971. – 320 с.
5. Егоров, К. Е. К расчету деформаций оснований [Текст] / К. Е. Егоров. – М.: ФГУП «ВНИИНТПИ», 2002. – 400 с.
6. Алексеев, С. И. Основания и фундаменты [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов / С. И. Алексеев. – СПб.: ПГУПС, 2007. – 11 с.
7. Тер-Мартirosян, З. Г. Механика грунтов [Текст] / З. Г. Тер-Мартirosян. – М.: Изд-во Ассоциации строительн. вузов, 2005. – 488 с.
8. Пат. № 86305. Украина. Электромагнитный измерительный преобразователь для контроля смещений конструктивных элементов, фундаментов зданий и сооружений [Текст] / В. С. Шокарев, В. И. Чаплыгин, В. Ф. Гречко, Д. А. Волков, С. В. Хилько; заявитель и патентообл. ЧП «БИЛ».
9. Пат. на полезную модель № 19978. Украина. Бесконтактный электромагнитный способ контроля напряженно-деформированного состояния материалов металлоконструкций [Текст] / В. И. Чаплыгин, Н. Ф. Потапова. – Опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1.
10. Пат. № 77761. Украина. Электромагнитный датчик для контроля величины и направления наклона конструкций [Текст] / В. С. Шокарев, В. И. Чаплыгин, С. В. Хилько.
11. Белов, К. П. Магнитоstrictionные явления и их технические приложения [Текст] / К. П. Белов. – М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 160 с.

Поступила в редколлегию 23.03.2010.

Принята к печати 29.03.2010.