

УДК 624.014

**УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ:
УПРАВЛЕНИЕ КРЕНОМ ВЫСОТНОГО СООРУЖЕНИЯ**

Кузьмишкин А.А.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный технологический университет

Пенза, Россия

Гарькин И.Н.

доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Пенза, Россия

Аннотация

Приводится метод управления креном высотного сооружения (башня) с целью устранения неравномерных осадок. Дается алгоритм использования реактивных фундаментов.

Ключевые слова: усиление, управление креном, фундамент, основание, строительные конструкции, техническая экспертиза

**STRENGTHENING CONSTRUCTION STRUCTURES:
CONTROL OF THE CRANE OF ALTITUDE STRUCTURE**

Kuzmishkin A.A.,

Ph.D., associate professor

Penza State Technological University

Penza, Russia

Garkin I.N.,

senior Lecturer

Penza State University of Architecture and Construction

Penza, Russia

Annotation

Method for controlling the heeling of a high-altitude structure (tower) is given to eliminate uneven precipitates. An algorithm for the use of reactive foundations is given.

Keywords: reinforcement, roll control, foundation, foundation, building structures, technical expertise

Просадки фундаментов любого сооружения в сильной степени влияют на его долговечность, надёжность и технический ресурс. Подошва фундамента взаимодействует с грунтовым основанием, и неравномерные локальные просадки его приводят к катастрофическим последствиям.

Ярким примером опасности локальных просадок является обрушение Трансконского элеватора в Канаде. Полная потеря устойчивости грунтового основания и обрушение произошло при сдвиге грунта по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Катастрофическое обрушение силосов Трансконского элеватора в Канаде сопровождалось выпором значительных масс и объёма грунта на поверхность и падение элеватора набок с отклонением от вертикали на $\approx 30^\circ$. Аналогичный сдвиг грунта по круглоцилиндрической поверхности скольжения при чрезмерно высокой нагрузке на пластичный грунт произошёл в США [1]. Шесть рядом стоящих силосов упали набок. Равномерные осадки основания не опасны для конструкций сооружения. Так архитектурный памятник в Германии в г.Любеке за 500 лет просел на 1,8 м, но не разрушился.

На грани обрушения находится Пизанская башня в Италии. Её медленное падение продолжается ≈ 500 лет. Крен Пизанской башни достиг $\alpha = 3,97^\circ$ и для повышения надёжности башни его следует изменить на обратный крен [2].

Известно природное явление, происходящее во время излияния лавы под массив грунтового основания вблизи земной поверхности. Извержение происходит под значительным давлением лавы. Извержение лавы под давлением под целый массив грунтового основания преодолевает силы гравитации от массива, а лава образует караваяобразный лакколит, интрузив,

который поддомкрачивает массив грунтового основания. На поверхности грунта возникает (холм) возвышенность, опирающаяся на застывшую лаву.

Следовательно, используя известно природное явление [3], возможно поднять на проектную отметку целый массив грунтового основания вместе с возведённым на нём сооружением.

Известны способы реактивного движения в безвоздушном пространстве, в воздушной и в водной среде. Известны способы реактивного движения и в грунтовой среде, с использованием реактивных фундаментов каждый из которых оснащён соплом, расширяющимся книзу.

Реактивные фундаменты снабжены конусным соплом, ориентированным большим отверстием в грунт. Сопло заполнено прочным сыпучим рабочим телом (щебень, галька, песок, шлак). При взаимодействии реактивного фундамента с подстилающим грунтовым основанием сыпучее рабочее тело заклинивается внутри сопла [4..6].

При нагнетании в полость сопла с помощью грунтонасоса пластифицированного, сыпучего рабочего тела внутри сопла возникает избыточное давление, которое принуждает рабочее тело (пульпу) извергаться из сопла вниз в грунтовое основание. При выключении грунтонасоса движение рабочего тела вверх по соплу невозможно, так как оно заклинивается внутри сопла.

По мере извержения прочного, сыпучего рабочего тела из реактивных сопел циклами под каждым из сопел формирую интрузив объем, и диаметр которого растёт и увеличивается.

Интрузив уплотняет грунтовое основание под каждым из сопел, грунтовое основание оседает, уплотняется, спрессованного, а несущая способность грунтового основания и его отпор увеличиваются.

При истечении рабочего тела из сопла каждого из фундаментов вниз возникает реактивная тяга, вектор которой направлен вверх $\uparrow F_{\text{реакт}}$. Суммарная реактивная тяга нескольких фундаментов преодолевает силы гравитации, и всему сооружению сообщается реактивное движение вверх.

Возникает возможность управлять реактивным движением не только одного из реактивных фундаментов, но и всего сооружения покоящегося на таких фундаментах, управляя с пульта величиной внутреннего давления внутри полости каждого реактивного сопла.

Сущность известного способа заключается в следующем, выполняют в массивной монолитной плите фундамента башни сквозные сопла расширяющиеся книзу (конусность сопла в вершине его $2\alpha \approx 60^\circ$). Плотнo заполняют сопла прочным сыпучим рабочим телом.

Монтируют грунтонасосы возвратно-поступательного циклического действия, приводимые в действие от насосной станции также циклического действия. Грунтонасосы циклами извергают через реактивные сопла прочное рабочее тело (пастообразную пульпу) в слабое, рыхлое грунтовое основание под каждый реактивный фундамент. Циклы повторяют многократно и создают суммарную реактивную тягу векторов от всех сопел $\sum \uparrow F_{\text{реакт}}$ направленную вверх.

По мере извержения прочного, сыпучего рабочего тела из реактивных сопел циклами под каждым из сопел формирую интрузив объём и диаметр которого растёт и увеличивается в сторону минимального отпора грунта. Интрузив уплотняет грунтовое основание под каждым из сопел, грунтовое основание оседает и уплотняется, а несущая способность спрессованного грунтового основания и его отпор увеличиваются. Процесс уплотнения и упрочения грунтового основания под фундаментом продолжают до тех пор, пока отпор основания не превысит вертикальное сжимающее усилие, создаваемое массой башни, и фундамент синхронно вместе с Пизанской башней начнёт выдавливаться вверх из грунта и угол крена достигший $\alpha = 3,97^\circ$ начнёт уменьшаться.

Используя систему грунтонасосов, уплотняют и упрочняют грунтовое основание, а крен массивной башни уменьшают. По мере уменьшения крена, подключают следующие реактивные сопла и увеличивают реактивную тягу

$\uparrow F_{\text{Реакт}}$ каждого сопла и суммарную реактивную тягу $\sum \uparrow F_{\text{Реакт}}$ сопел. В качестве грунтонасосов используют бетононасосы, и насосы, закачивающие пластичный штукатурный раствор на высоту 12...15 этажных домов. Такие бетононасосы обеспечивают извержение пульпы проектной пластичности в грунтовое основание и формирование интрузивов. Увеличивают объём интрузивов и уплотняют и упрочняют грунтового основания под каждым из интрузивов, находящихся под подошвой каждого из реактивных фундаментов. Упрочнение грунтового основания происходит как в плане по площади, так и в глубину в сторону минимального отпора. Циклы, продолжают до полной ликвидации крена массивной башни.

Расчёт пары рычагов управления

Каждый из пары рычагов управления имеет консоль выступающую вперёд. Под каждую консоль подведена опорная площадка каждого из оголовков пары реактивных фундаментов. Реактивная тяга каждого фундамента $\uparrow F_{\text{Реакт}} = 0,5 \cdot 17461,5 = 8730,75$ гН ($\approx 85648,7$ кг) приложена снизу вверх к концу каждой консоли пары рычагов управления и противодействует увеличению крена башни.

Принимаем для каждого рычага управления грунтонасосы возвратно-поступательного действия с достаточным запасом по величине грузоподъёмности 100 т.

Изгибающий момент в одном рычаге управления

$$M_{\text{Рыч}} = F_{\text{Реакт}} \cdot C = 8730,75 \cdot 375 = 3274031 \text{ гНсм.}$$

Назначаем: сталь С345 09Г2С или 14Г2. Расчётное сопротивление $R_y = 315$ МПа.

Требуемый момент сопротивления одного рычага управления.

$$W_x = \frac{M_x}{R_y} = \frac{3274031}{315} = 10393,7 \text{ см}^3.$$

Принимаем каждый рычаг управления из двутавра **I** 100 БЗ с фактическим моментом сопротивления $\cdot W_x = 11680 > 10393,7 \text{ см}^3$. ГОСТ 6020-83. Два

рычага управления соединяем друг с другом в единое целое крестовыми связями, обеспечивающими устойчивость их в горизонтальной плоскости.

Проверка прочности каждого из рычагов управления при изгибе

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{3274031}{11680} = 280,3 < R_y = 315 \text{ МПа. Прочность достаточна.}$$

Управление реактивным фундаментом выполним в следующей последовательности:

– управляем напряжённым состоянием грунтового основания под плитой башни с помощью пары реактивных фундаментов и пары рычагов управления;

– управляя с пульта, нагнетая в сопла пары реактивных фундаментов прочную, пульпу требуемой пластичности, упрочняем грунт и создаём реактивную тягу $\uparrow F_{\text{реакт}}$ каждого из фундаментов направленную вверх

$$\uparrow F_{\text{реакт}} = 0,5 \cdot 17461,5 = 8730,75 \text{ гН ;}$$

– парой рычагов управления создаём контрмомент $M_{\text{Контр}} = -2380000 \text{ гНм ;}$

– уменьшаем угол крена фундамента башни и самой башни до нуля, а затем создаём обратный крен башни для привлечения туристов;

– парой рычагов управления управляем не только креном, но и напряжённым состоянием грунтового основания и упрочняем его со стороны *max* осадки башни;

– управляя с пульта интенсивностью истечения прочного рабочего тела из сопел реактивных фундаментов, управляем также величиной осадки башни. При необходимости выполняем её поддомкрачивание.

Для повышения безопасности работ используем пару рычагов управления, пропущенных сквозь фундамент башни. Произошло качественное изменение напряжённого состояния в зоне контакта плиты фундамента башни с грунтовым основанием. Очевидно, что такое изменение привело к прекращению просадок плиты со стороны *max* её просадки и увеличению осадки со стороны *min* осадки её.

Принудительно, постепенно контролируя по реперам и мишеням, приклеенным к поверхности стен башни, уменьшаем её крен. Используем не менее пары реактивных фундаментов, что помогает избежать возникновения бокового крена башни.

Парой реактивных фундаментов воздействуем суммарным вектором реактивной тяги $\sum \uparrow F_{\text{реакт}}$ снизу вверх на пару рычагов управления.

Управляя с пульта величиной возникшей подъёмной силы и действуя одним или другим реактивным фундаментом, управляем креном башни.

Библиографический список

1. Гарькин И.Н., Глухова М.В. Метод устранения неравномерных осадок промышленных зданий на ленточных фундаментах // II Международная молодёжная Интеллектуальная Ассамблея: сб. науч.-исслед. работ. – Чебоксары: НИИ педагогики и психологии. – 2011 – С.128-130

2. Глухов В.С., Хрянина О.В., Глухова М.В. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5-2 (38). – С. 351-354.

3. Клюев С.В., Клюев А.В. Пределы идентификации природных и инженерных конструкций // Фундаментальные исследования. – 2007. – №12–2. – С.68–70

4. Глухова М.В., Галова Ю.С., Глухов В.С. Исследование влияния плиты ростверка на осадку свай с уширением // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5-2 (38). – С. 360-363.

5. RU №2211288. Нежданов К.К., Нежданов А.К и др. Способ управления креном и осадкой массивного башни. М., Кл. Е 02 D 35/00, 37/00. Бюл №.24. Зарег.27.08.2003 (прототип).

6. RU №2225480. Нежданов К.К. и др. Фундамент для внецентренно сжатой колонны. Е 02D27/00, 27/50, Бюл. № 28. 10.10.2003.