Метод ГНБ основан на технологии бестраншейной прокладки подземных инженерных коммуникаций при помощи специализированных мобильных буровых установок, позволяющих вести управляемую проходку по криволинейной траектории, расширять скважину и протягивать трубопровод, без вскрытия грунта. Данный метод может применяться для прокладки следующих видов инженерных коммуникаций: кабельные сети различного назначения, водопровод, канализация, тепловые сети, газопроводы и нефтепроводы.

Подбор буровой установки производится на основании данных по типу, диаметру и длине предполагаемого к прокладке трубопровода, инженерно-геологическим условиям строительства, с учетом требования по обеспечению необходимых усилий тяги. Для обеспечения протягивания буровая установка должна обеспечивать силу тяги $Р_т$, кН,:

$$Р_т \geq к_1 Р_{ГП},$$

где $к_1$ – коэффициент запаса по тяге буровой установки, принимается от 1,5 до 2,5 в зависимости от инженерно-геологических условий; $Р_{ГП}$ – расчетное значение необходимого усилия для протягивания трубопровода, кН.

Прокладка сетей по методу ГНБ осуществляется в 3 этапа. На первом этапе выполняется направленное бурение пилотной скважины диаметром 114мм по заданной проектом трассе, затем, на конец буровой штанги надевается специальный расширитель (риммер). После чего начинается второй этап – однократное или последовательно-многоразовое расширение скважины до образования бурового канала. Завершающим этапом является протягивание трубопровода через буровой канал, по направлению от приемного котлована до точки выхода на поверхность в рабочем котловане.

В процессе бурения через буровые штанги и форсунки в скважину подается буровой раствор, который размывает грунт, снижает трение, и формирует скважину, а наличие в смеси полимера, позволяет ей сохранять форму после прохождения расширителя. Подача бурового раствора в скважину должна производиться на всем протяжении протягивания трубопровода. Как правило, применяются буровые растворы, основным компонентом которых является бентонит. Расчет необходимого объема бурового бентонитового раствора для одной проходки выполняется по формуле:

$$V_{бр} = \frac{\pi d^2}{4}\left(l + \delta\right)K_p \text{ м}^3,$$

где d – диаметр расширения скважины, м; l – расчетная длина скважины, м; d – возможное увеличение фактической длины бурового канала; K_p – коэффициент расхода бурового раствора, выражающий отношение объема прокачиваемого бурового раствора к выбуренной породе.

Главная задача первого этапа работ пройти точно по траектории, предусмотренной проектом и с заданным уклоном. Буровая головка снабжена электронным зондом для определения ее местоположения при бурении, имеет нож для разработки грунта и насадку для подачи в забой бентонитовой суспензии. Форма головки в зависимости от занимаемой позиции позволяет менять направление бурения при вдавливании и сохранять прямолинейное движение при вдавливании с одновременным вращением.

После проходки пилотной скважины, в зависимости от геологических условий и диаметра прокладываемого трубопровода, выбирается тип расширителя. Скважина должна расширяться больше диаметра протягиваемой трубы на 20 – 50 % в зависимости от типа грунта. Скорость расширения должна соответствовать подаче буровой суспензии и поддержанию постоянного уровня суспензии в приямке.

На завершающем этапе секции рабочей трубы присоединяются за расширителем через вертлюг, чтобы вращение расширителя не передавалось на протягиваемую трубу. Протаскивание трубопровода необходимо начинать с минимальным перерывом после завершения расширения.

Основная сложность метода заключается с риском возникновения технологических проблем, которые могут, сорвать сроки сдачи объекта, вызвать удорожание объекта. Большая часть рисков, является следствием недостаточного объема информации и неточностей в проектной документации. Наиболее важным в проектировании и строительстве сетей методом ГНБ является точность инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий.

Стоит отметить, что для каждого конкретного объекта строительства применение метода ГНБ должно быть обосновано технико-экономическими расчетами. При разработке проекта необходимо оценивать возможные воздействия на окружающую среду, здания и сооружения, существующие коммуникации, а так же учитывать риски возникновения непредвиденных и аварийных ситуаций в процессе строительства и предусматривать предварительные меры по минимизации их последствий.

Основные преимущества метода ГНБ

Социальный аспект: Сохранение природного ландшафта и экологического баланса, исключение техногенного воздействия на флору и фауну. Минимизация негативного влияния на условия проживания людей в зоне проведения работ.

Финансово-экономический аспект: Уменьшение сметной стоимости строительства трубопроводов. Минимизация затрат на энергообеспечение буровых комплексов вследствие их полной автономности. Отсутствие затрат на восстановление поврежденных участков автомобильных и железных дорог и предметов городской инфраструктуры.

Производственно-технический аспект: Возможность бестраншейной прокладки в экстремальных условиях: под реками, озерами, оврагами, лесными массивами; в специфических грунтах и др. [1] Сокращение сроков и объема организационно-технических согласований перед началом работ в связи с отсутствием необходимости остановки движения всех видов наземного транспорта. Формирование траектории скважины практически любой конфигурации. Отсутствие необходимости производства работ по водопонижению в условиях высоких грунтовых вод.

Список литературы

1. СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011. Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения: стандарт организации. утв. Национальным объединением строителей 05.12.11 : срок введ. в д. 05.12.11 / Бюллетень строительной техники. – М., 2011. – 132 с.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОСОВ

Новикова Н.О., Буланова В.О.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, e-mail: nota-93@mail.ru

Металлические силосы применяются в качестве универсального хранилища в сельском хозяйстве, строительной, химической и пищевой промышленности в различных производствах для приема, хранения и передачи сыпучих веществ, например, пе-

ска, цемента, гипса, извести, зерна, муки и другого мелкодисперсного гранулированного материала. Они могут устанавливаться как отдельно стоящими, так и представлять единый комплекс силосных корпусов. Силосная емкость устанавливается на металлическую опорную раму, высота которой зависит от конструкции силоса и целей его использования. На него монтируется различное технологическое оборудование (датчики уровней, вибраторы, рукавные фильтры и аэрационные устройства, предназначенные для равномерного распределения продукта внутри емкости и обеспечения текучести продукта во время его отпуска, моечные головки, краны отбора проб, смотровые стекла, воздуховоды и т.д.).

Несущие конструкции в большинстве случаев представляют собой элементы двутаврового или коробчатого сечения (в зависимости от объема силоса и насыпной плотности материала), подверженные внецентренному сжатию или сжатию с изгибом.

Мы попытались проанализировать напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов коробчатого сечения по аналогии с [1-4]. Модуль деформаций назначаем следующим образом: при упругой работе принимаем его равным модулю упругости стали (E = $2\cdot10^5$ МПа); при упруго-пластической – вводим условный модуль E_x

$$E_x = E\frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\operatorname{tg}\alpha},$$

где tgα – тангенс фактического угла наклона линии деформации к горизонту и $\operatorname{tg}\alpha_0$ – тангенс аналогичного угла, который мог иметь место, если бы деформации были упругими и вычислялись по закону Гука. Условный модуль E_x меняется по длине зоны пластического деформирования. После определения модуля E_x, прогиб в рассматриваемой точке вычисляется с помощью интеграла Мора

$$f_z = \sum \int_l \frac{M_N M_1}{E_x I_x}.$$

Из условия равновесия внешних и внутренних сил и моментов в каждом сечении элемента определяются напряжения и деформации. При этом рассматривается диаграмма работы стали с эллиптическим участком между пределом пропорциональность и пределом текучести и принимается гипотеза плоских сечений. Анализируя общий случай расчетной эпюры напряжений вместо краевых деформаций оказалось более удобным определять пропорциональные им условные напряжения:

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{\sigma_1}{\sigma_y},\ \bar{\sigma}_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_y},\ \bar{\varepsilon}_1 = \frac{\sigma_1 E}{\sigma_y},\ \bar{\varepsilon}_2 = \frac{\sigma_2 E}{\sigma_y}$$

На кромках сечения напряжения полагаем равными условным – в случае упругой работы материала и равными пределу текучести – в случае пластической работы. Упругопластический участок сечения разбивался на 10 частей, в пределах которых результирующие усилия и координаты их приложения определялись численным методом.

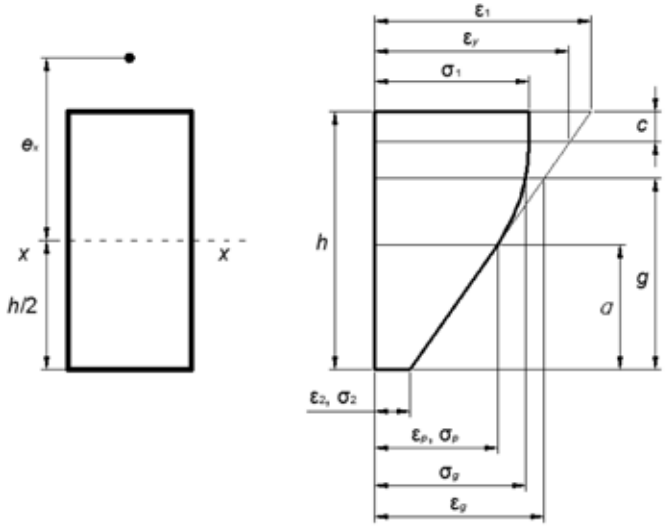
При односторонней текучести (рисунок)

$$\begin{cases} \bar{\sigma}_0\left(\dfrac{A_f}{A_w}+1\right) = \left(\bar{\sigma}_1+\bar{\sigma}_2\right)\dfrac{A_f}{2A_w} + \bar{\sigma}_y\bar{c} + \dfrac{\bar{\sigma}_p-\bar{\sigma}_2}{2}\bar{a} + G_1, \\ \bar{\sigma}_0\left(\dfrac{A_f}{A_w}+1\right) = \dfrac{\bar{\sigma}_1\dfrac{A_f}{2A_w} + \bar{\sigma}_y\bar{c}\left(1-\dfrac{\bar{c}}{2}\right) + \dfrac{2\bar{\sigma}_p+\bar{\sigma}_2}{6}\bar{a}^2 + G_2}{\dfrac{e_x}{h}+\dfrac{1}{2}}; \end{cases}$$

где

$$\bar{\sigma}_0 = \frac{N}{RA},\ G_1 = \int_{\bar{a}}^{1-\bar{c}} \bar{\sigma}_g \cdot d\bar{g},\ G_2 = \int_{\bar{a}}^{1-\bar{c}} \bar{\sigma}_g \cdot \bar{g} \cdot d\bar{g},\ \bar{a} = a/h,\ \bar{c} = c/h,\ \bar{g} = g/h \text{ и } g -$$

координаты волокон с деформациями превышающими ε_p, но не достигающими ε_y.



Эпюры деформаций и напряжений опоры силоса

Для вычисления прогибов элементов использовался метод последовательных приближений. Алгоритм расчета был следующим:

Коробчатый несущий элемент разбивается на 100 отрезков равной длины.

В первом приближении вычисляются упругие балочные прогибы (с учетом опорных точек).

Определяются моменты внешних сил и краевые деформации в тех же точках при полученных прогибах.

Для каждого из отрезков уточняются модули E_x.

С помощью интеграла Мора вычисляются прогибы в середине каждого отрезка с найденными моментами и уточненными модулям E_x.

Программа возвращается к пункту 3 алгоритма с полученными прогибами до достижения заданной точности расчета.

Результаты анализа НДС выводятся на экран монитора и печать.

В заключение следует отметить, что использование данной методики для моделирования напряженно-деформированного состояния, позволяет оценивать резервы несущей способности и рассчитывать опорные элементы силосов.

Список литературы

1. Васильков Ф.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных внецентренно-сжатых стержней / Ф.В. Васильков В.Е. Буланов // Изв. Вузов. Стр-во.- 1999.-№1.- С. 4-6

2. Мазов А.А. Пластическое деформирование стальных стержней переменной жесткости /А.А. Мазов, В.Е. Буланов.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Тамбов, 2010 №4-6(29). – С. 60-63.

3. Буланов В.Е. О напряженно-деформированном состоянии внецентренно-сжатых элементов / В.Е. Буланов, А.А. Мазов // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития, 2008: Сб. науч. трудов по материалам Международ. науч.-практич. конф. Т. 3. Технические науки. Одесса: Черноморье, 2008. – С. 14-18.

4. Буланов Е.В. О прогибах и пластическом деформировании стальных стержней коробчатого сечения / Е.В. Буланов, А.В. Соломатина, В.Е. Буланов // «Современные направления теоретических и прикладных исследований' 2013».: Сб. науч. трудов Sworld. Материалы международ. научно-практич конф. Выпуск 1. Том 43. – Одесса: Куприенко, 2013. – С. 64-68.

ВАРИАНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОСА

Петрова О.А.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, e-mail: petrovaolga.95@mail.ru

Сыпучие материалы имеют широкое применение во всех отраслях промышленности. Их использование не возможно без хранения и транспортировки. Для этого используются силосы различной конструкции.

Силос представляет собой вертикальную цилиндрическую или прямоугольную емкость с плоским или конусным днищем с отверстием (окном) и плоской крышей. Традиционно силосы с конусным днищем имеют диаметр от 2,5 до 11 м и высоту от 5,5 м до 28 м.

Вертикальное расположение силоса способствует экономии площади для установки. Установка силосного корпуса осуществляется на металлическую опорную раму, высота которой зависит от целей использования силоса, его конструкции. Для надежной и эффективной эксплуатации силоса на него монтируется различное технологическое оборудование, например, рукавные фильтры, датчики уровней, вибраторы и аэрационные устройства (для равномерного распределения продукта внутри емкости и обеспечения так называемой текучести продукта во время его отпуска), краны отбора проб, моечные головки, смотровые стекла, различные воздуховоды и т.д.

При изготовлении несущих конструкций в основном используется двутавровое сечение. Однако возникает необходимость подбора оптимальных размеров элементов, обеспечивающих восприятие нагрузок и удовлетворяющих экономическим интересам. При определении размеров двутавровых элементов с переходом от одной толщины проката к другой наблюдается скачкообразное изменение расчетного сопротивления, что не позволяет минимизировать функцию площади сечения. Для устранения этого недостатка при выборе сечения предлагается следующий алгоритм.

1. Вводятся исходные данные (нагруженность N/l_x^2, эксцентриситет e_0/lx, соотношение расчетных длин l_y/l_x, расчетное сопротивление R_y). Для каждого набора исходных данных расчет производится отдельно.

2. Задается и варьируется высота двутавра h.

3. Задается и варьируется гибкость стенки.

4. При заданных высоте и гибкости стенки, подбирается необходимая площадь сечения полки и определяется площадь сечения всего двутавра.

5. Гибкость стенки по аналогии с [1-5] варьируется до тех пор, пока не определяется самый экономичный вариант двутавра для заданного значения h. Затем принимается новая высота h, и расчеты повторяются.

Площадь сечения полок двутавра подбирается следующим образом:

– задается первоначальное значение площади сечения полки A_f;

– вычисляются прогибы стержня, подсчитываются полные эксцентриситеты приложения нагрузки $e = e_0 + f_x$, определяются краевые деформации; если деформация превосходит предельное значение, то возвращаемся к началу цикла по назначению размеров полки;

– определяется критическая гибкость полки, и исходя из этой гибкости и текущей площади A_f определяется ширина и толщина полки; если оказывается, что ширина полки превосходит h, то она принимается равной h, а толщина полки – равной A_f/h;

– скомпонованное сечение проверяется соответствию конструктивных условий, если выявляются противоречия, то изменяем гибкость стенки или высоту двутавра h;

– устойчивость стенки проверяется в двух местах: на опоре стержня и в его середине; если хотя бы в одном из этих мест стенка оказывается неустойчивой, то возвращаемся к началу цикла;

– производим проверку устойчивости стержня из плоскости действия момента; если устойчивость стержня оказывается необеспеченной, возвращаемся к назначению новой большей величины A_f, и весь расчет повторяем.

Высота двутавра h, гибкость стенки λ_w и площадь полки A_f варьируются с переменным шагом. Схема вариаций одинаковая для всех параметров и поясняется на примере поиска выгодной высоты двутавра h (рис. 1).

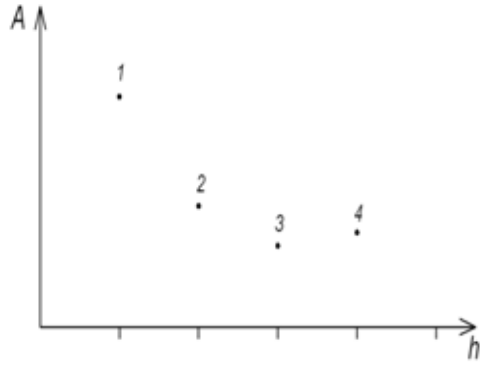


Рис. 1. Выбор оптимальной высоты сечения