

Научная статья

УДК 69.059

EDN OWBEDS

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0600-2-130-137>

Реконструкция здания маслоэкстракционного завода

Александр Иванович Туров, кандидат технических наук, доцент
Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия, turov58@mail.ru

Аннотация. Выполнен расчет каркаса. Приведены результаты расчета конструкций реконструируемого здания маслоэкстракционного завода. Описаны конструктивное решение здания и проектирование свайного фундамента.

Ключевые слова: реконструкция, стальные конструкции, плиты перекрытия, свайный фундамент, прочность, деформативность, узлы

Для цитирования: Туров А. И. Реконструкция здания маслоэкстракционного завода // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 16–17 апреля 2025 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. С. 130–137.

Original article

Reconstruction of the oil extraction plant building

Alexander I. Turov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
turov58@mail.ru

Abstract. The calculation of the frame is performed. The results of the calculation of the structures of the reconstructed oil extraction plant building are presented. The constructive solution of the building and the design of the pile foundation are described.

Keywords: reconstruction, steel structures, floor slabs, pile foundations, strength, deformability, nodes

For citation: Turov A. I. Reconstruction of the oil extraction plant building. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 130–137), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2025 (in Russ.).

Выполнен расчет конструкций здания маслоэкстракционного завода в городе Благовещенске при реконструкции цеха подготовки зерна и цеха экстракции в осях 1–13; А–Е.

Исходными данными для расчета каркаса послужило задание заказчика, а также архитектурно-планировочное решение планов здания, разрезы и фасады, технологические нагрузки оборудования, а также данные инженерно-геологических изысканий.

Ввиду морального и физического старения конструкций здания и технологического процесса принято решение о реконструкции здания завода. При этом решено часть здания снести и возвести новые конструкции. Проблема заключалась в том, что в грунте остались старые свайные фундаменты под колонны. В соответствии с планом технологического оборудования выполнены разбивочные оси колонн. Часть осей ростверков совпадала с проектируемыми разбивочными осями колонн. Решено устанавливать колонны на эти ростверки. Другая часть осей ростверков не совпадала с проектируемыми разбивочными осями колонн. В этом случае забиваются недостающие сваи и устраивается новый ростверк, который объединяется со старым ростверком путем сварки обнаженной арматуры, чтобы эти два ростверка работали как единый ростверк (рис. 1). На рисунке красным цветом выделены существующие сваи и ростверки, а черным – вновь возводимые.

Состав грунтов представлен следующими инженерно-геологическими элементами: насыпной грунт (мощность 1,6–3,5 м), суглинок полутвердый (0–1,6 м), песок пылеватый (0–0,6 м), гравийный грунт с песчаным заполнителем до 40 %. Подземные воды постоянного водоносного горизонта по данным изысканий до глубины 11 м отсутствуют.

Проектируемое здание в осях 1–7 шестиэтажное, в осях 8–13 трех-, четырехэтажное, сложной в плане конфигурации. Размеры в осях – 53,18×11,75 м. Планировочная отметка – 0,30 м.

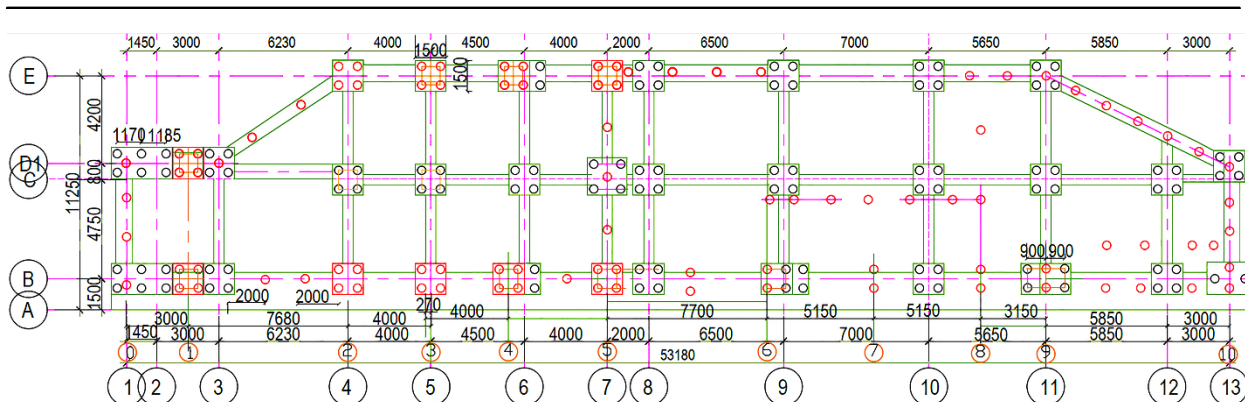


Рисунок 1 – Схема расположения существующих и проектируемых ростверков

Наружные стены выполнены из сэндвич-панелей, цокольная часть стены выполнена из кирпича. Кровля здания – наборная из профлистов, утепленная, по прогонам.

Пространственная жесткость многоэтажного блока обеспечивается совместной работой рамных конструкций металлического каркаса, монолитными железобетонными перекрытиями и покрытием, соединенных с балками посредством анкеров и горизонтальными связями покрытия. Соединение колонн с фундаментом принято жесткое на анкерных болтах.

Фундаменты – свайные столбчатые; сваи С60.30-6 с опиранием на гравийный грунт. Расчетная допускаемая нагрузка на висячую сваю – 55 тс.

Ростверки – отдельные столбчатые монолитные из бетона класса В20, высотой 1150 мм, объединенные по периметру цехов и под кирпичными стенами ленточным ростверком.

Каркас здания состоит из стальных балок и колонн. Соединение главных балок и колонн в обоих направлениях жесткое. Сечения колонн – двутавр 40К2. Колонны выполнены из стали класса С245. Сечения балок – сварной двутавр из листовой стали: Б1 – 700×250×18×20 мм; Б2 – 600×250×16×20 мм; Б3 – 450×200×8×12 мм; Б4 – 400×150×8×10 мм; Б5 – 300×150×6×8 мм. Балки из стали класса С245. Соединение балок Б4 и Б5 с балками Б1, Б2 и Б3 шарнирное. Балки кровли рам Б4 – 400×150×8×10 мм.

Кровля выполняется по прогонам. Горизонтальные крестовые связи по кровле выполнены из тяжей $\varnothing 25$ мм и из уголков L100×6; вертикальные связи между колоннами – из уголка 125×10 мм.

Плиты перекрытия – монолитная железобетонная плита толщиной 120 мм по металлическим балкам. Бетон класса В20. Кирпичный цоколь опирается на ленточный ростверк. Под фундаментами предусмотрено устройство бетонной подготовки толщиной 100 мм по противопучинистой прокладке из слоя пенополистирола ППС 35 ($\gamma = 35 \text{ кг/м}^3$ толщиной 100 мм).

Монолитная железобетонная плита пола высотой 300 мм армируется двумя сетками ($\varnothing 12$ А400 с ячейками 200×200 мм). Под монолитной плитой предусмотрена бетонная подготовка толщиной 100 мм по подушке из ПГС толщиной 300 мм. Свайный ростверк под стальные колонны принят кустового типа. В кусте – 4, 5 или 6 свай. Анкерные болты – из стержней $\varnothing 25$ А240, М24 (10 штук на ростверк). Отметка дна котлована – 1,7 м. Расчет каркаса также выполнен для балок из готовых стальных профилей.

Расчет каркаса произведен нами в программах МОНОМАХ-САПР и ЛИРА-САПР. В обеих программах выполнен анализ напряженно-деформированного состояния конструкций.

Для выполнения статического расчета в программе «МОНОМАХ-САПР» была построена геометрическая модель здания с заданием на ней фактически принятых проектом элементов по геометрическим сечениям и размерам с заданными материалами. При проектировании здания была осуществлена его стыковка со свайным основанием с моделью грунта. Модель грунта создана в программе «Грунт» и включает реальные характеристики грунта, мощности слоев и отметки скважин в соответствии с инженерно-геологическими изысканиями. На все элементы приложены нормативные нагрузки, согласно свода правил СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [1]. Вся совокупность действующих нагрузок на каркас разбита на отдельные виды загрузений, из

которых после расчета программой сформированы расчетные сочетания усилий в заданных сечениях элементов. Значения всех нагрузок заданы нормативными и далее программой автоматически определены расчетные нагрузки в соответствии с коэффициентами надежности по нагрузке [2].

На перекрытие в программе прикладывалась нормативная нагрузка: постоянная, кратковременная и длительно действующая.

Собственный вес железобетонной плиты и вес балок и колонн программой учитывался как собственный вес. Нагрузки от технологического оборудования на перекрытия прикладывались в соответствии с заданием как длительно действующая нагрузка. Ветровая нагрузка прикладывалась в двух направлениях с учетом пульсационной составляющей. Коэффициент надежности по ответственности здания принят равным единице.

После общего расчета выполнены конструктивные расчеты всех элементов каркаса, в результате чего определены усилия в сваях и элементах каркаса, подобрано армирование плиты перекрытия и ростверков, а также подобраны сечения стальных колонн и балок, запроектированы узлы каркаса [3]. Расчетная схема каркаса представлена на рисунке 2.

Технологическая последовательность изготовления свайных ростверков. Выполняется демонтаж армированной плиты пола; снимают грунт до верха ростверков; выполняют разбивку осей; забивают сваи до проектной отметки в соответствии с проектом; в кусте новых свай выбирается грунт до отметки 1.700 (относительно отметки чистого пола); выполняется срубка свай до проектной отметки; изготавливаются ростверки. В местах, где необходимо объединить новый ростверк с существующим ростверком, обнажают арматуру старого ростверка и при помощи сварки объединяют арматуру нового и старого ростверка для обеспечения совместной работы этих двух ростверков, как единого ростверка. Выполняется гидроизоляция ростверков; производится обратная засыпка пазухов ростверков непучинистым грунтом.

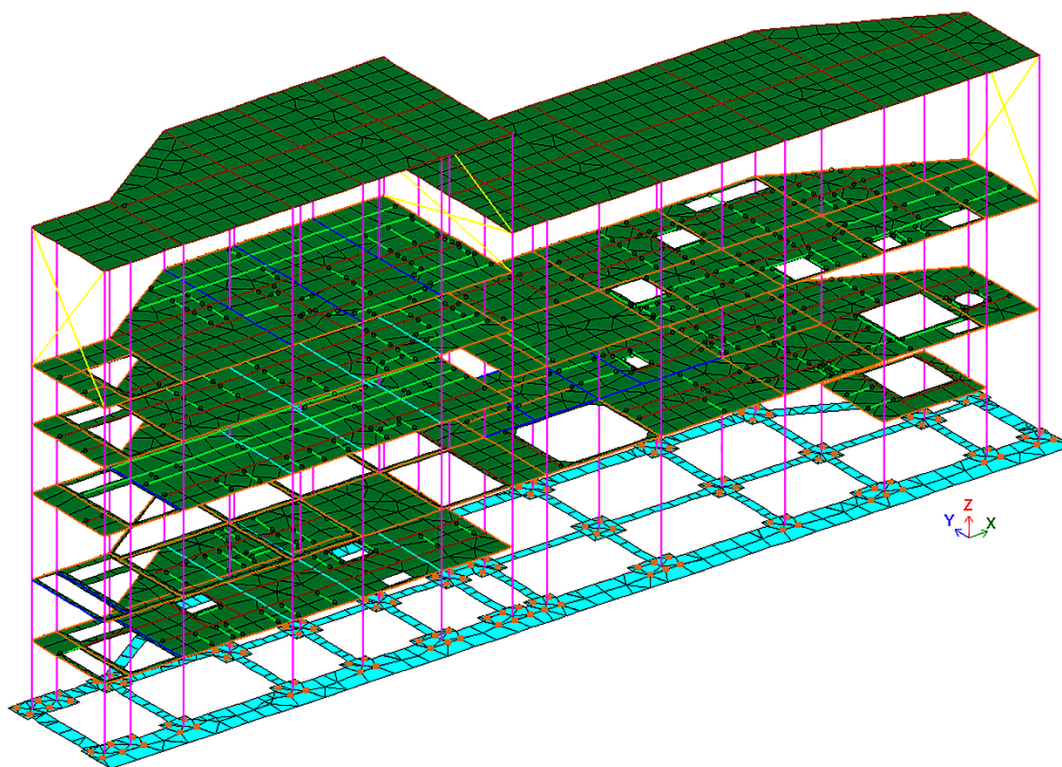


Рисунок 2 – Расчетная модель каркаса здания

Установку колонн производят на заранее выверенные по высоте гайки и шайбы фундаментные болты. Подливка ($\delta = 50$ мм) из бетона на мелком заполнителе класса В15 под базы колонн должна обеспечивать восприятие передаваемого колонной давления. Базы колонн после установки в проектное положение необходимо обетонировать бетоном класса В15. Рекомендуется устанавливать колонны на существующие анкерные болты ростверков, если они совпадают с разбивочными осями колонн и если это позволяет состояние данных болтов. Иначе необходимо устанавливать новые анкерные болты.

Результаты расчета. Максимальное горизонтальное перемещение верха здания составило 8,1 мм по оси X и 28,4 мм по оси Y , что меньше допустимого перемещения $H/500 = 24550/500 = 49$ мм.

Максимальное вертикальное перемещение ростверка здания составило 4,4 мм. Максимальное вертикальное перемещение плит перекрытия оказалось равно 11,6 мм, что меньше допустимого перемещения 25 мм для пролета 5,0 м (30 мм для пролета 6 м).

Коэффициент запаса устойчивости здания составил 9,2 (больше 2).

Максимальное усилие в сваях – 44 тс, что меньше допускаемого усилия на сваю 55 тс. Ростверки армируются продольной арматурой Ø14 А400 в обоих направлениях с шагом 150 мм внизу сечения. По ростверкам под колонны выполнены подколонники, армированные вертикальной арматурой Ø16 А400.

Плиты перекрытия армируются верхней и нижней сетками. По верху и низу плиты укладываются сетки из арматуры Ø12 А400 с шагом 150 мм в обоих направлениях. Анкерная арматура принята из арматуры Ø12 А400.

Прочность и устойчивость сечения колонн каркаса обеспечена.

Процент использования для балок по первой группе предельных состояний 1ПС составил 57–70%, по второй группе предельных состояний 2ПС (прогибы) – до 89 %. Прочность и деформативность всех балок обеспечена. Нужно учесть, что в дальнейшем на перекрытия будет приложена динамическая нагрузка (от сепараторов, центрифуг, декантеров). Поэтому сечение балок должно быть принято с некоторым запасом.

Выполнены подбор и проверка узлов стыка колонн с фундаментом, а также колонн и балок между собой.

Заключение. *Принятое армирование ростверка и плит перекрытия, а также принятые в проекте сечения стальных колонн, балок, связей отвечают требованиям прочности, деформативности и трещиностойкости (для ростверка и плиты).*

Список источников

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. М. : Минстрой России, 2016. 96 с.
2. Туров А. И. Оценка надежности силосного корпуса // АгроЭкоИнфо. 2021. № 4 (46).
3. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. М. : Минстрой России, 2017. 147 с.

References

1. Loads and impacts. (2016) *SP 20.13330.2016 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/456044318?ysclid=mbkbgc2ojx796144848> (Accessed 15 February 2025) (in Russ.).
2. Turov A. I. Evaluation of the reliability of the silo building. *AgroEkoInfo*, 2021;4(46) (in Russ.).
3. Steel structures (2017) *SP 16.13330.2017 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/456069588?ysclid=mbkbgrtbq1591048780> (Accessed 15 February 2025) (in Russ.).

© Туров А. И., 2025

Статья поступила в редакцию 31.03.2025; одобрена после рецензирования 30.04.2025; принята к публикации 03.06.2025.

The article was submitted 31.03.2025; approved after reviewing 30.04.2025; accepted for publication 03.06.2025.