

ENGINEERING APPLICATIONS

UDC 629.3.081 (075.8)

Dragin S.V., Dragina O.G., Dragin V.S., Belova J.A. Engineering solutions for the installation of a double-column car lift

Инженерные решения по монтажу двухстоечного автомобильного подъемника

Dragin Sergey Vadimovich

Design engineer
Yegoryevsky Mechanical Plant

Dragina Olga Gennadievna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Head of the Department «Technology, Equipment and Automation of Machine-building industries»

Yegoryevsk Institute of technology (branch)
Moscow State University of Technology «STANKIN»

Dragin Vladimir Sergeevich

Student

Belova Julia Andreevna

Student

Yegoryevsk Institute of technology (branch)
Moscow State University of Technology «STANKIN»

Yegoryevsk, Russia

Драгин Сергей Вадимович

инженер-конструктор

Егорьевский механический завод

Драгина Ольга Геннадьевна

Кандидат технических наук, доцент

Заведующий кафедрой «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»

Егорьевский технологический институт (филиал)

ФГАОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Драгин Владимир Сергеевич

Студент

Белова Юлия Андреевна

Студент

Егорьевский технологический институт (филиал)

ФГАОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

Егорьевск, Россия

Abstract. The article discusses the engineering aspects of installing a double-column car lift in a garage. The analysis of the requirements for the floor design is carried out. The stages of preparing the base (floor) of a garage room are described, the composition of a chemical anchor is proposed, the strength of the anchor joint is calculated, and a welded frame structure is developed for fixing the lift struts to the floor. Recommendations on optimizing the installation to increase the operational reliability and durability of the equipment are presented.

Keywords: car lift, chemical anchor, strength, welded structure, bracket, frill.

Аннотация. В статье рассматриваются инженерные аспекты монтажа двухстоечного автомобильного подъемника в гаражном помещении. Проведен анализ требований к конструкции пола. Описаны этапы подготовки основания (пола) гаражного помещения, предложен состав химического анкера, проведен расчет на прочность анкерного соединения, разработана сварная конструкция рамы для крепления стоек подъемника к полу. Представлены рекомендации по оптимизации установки для повышения эксплуатационной надежности и долговечности оборудования.

Ключевые слова: автомобильный подъемник, химический анкер, прочность, сварная конструкция, кронштейн, оборудование.

Автомобильный подъёмник — специальное оборудование, которое используется при ремонте и обслуживании транспортных средств (рис.1). Двухстоечный автоподъёмник – жёстко зафиксированная конструкция для стационарной установки, закрепляемая на поверхности пола с помощью анкерных болтов. Он предназначен для подъёма автомобилей и держания в поднятом положении на определённой высоте. В зависимости от конкретной модели подъёмника на двух стойках с кронштейнами возможно поднимать автомобили до 5 тонн и более. [1-4]



Рис.1 - Двухстоечный автоподъёмник

В случае, если при строительстве гаража установка подъемника изначально не предусматривалась, последующее его размещение может сопровождаться серьезными затруднениями. Трудности обусловлены как габаритами помещения (высотой, длиной и шириной), так и характеристиками пола (основания). Если высоты помещения недостаточно, потребуется проведение реконструкции помещения с увеличением высоты потолка. В ситуации, когда ширина гаража не соответствует необходимым

параметрам, использование подъемника становится невозможным. Если же размеры помещения соответствуют требованиям, но технические характеристики пола (основания) не позволяют установить подъемник, необходимо усилить основание. [8,12]

Согласно Инструкции по установке, эксплуатации и техническому обслуживанию автоподъемника NORDBERG N4120BE-4B, основание должно представлять собой армированную бетонную плиту толщиной не менее 300 мм, либо включать в местах расположения стоек армированные бетонные блоки с минимальными размерами 1000×1000×1000 мм. Если бетонного основания под полом нет вовсе, установка плиты является обязательным условием. В случае наличия уже заливной бетонной плиты с арматурой необходимо проводить индивидуальную техническую оценку: учитывать общую толщину плиты, наличие одного или двух слоев арматуры, диаметр арматуры, а также марку бетона.

Таким образом, выбор вариантов установки подъемника напрямую зависит от исходных характеристик основания, что требует детального анализа для обеспечения безопасности монтажа и надежности эксплуатации.

Авторами решена задача установки автомобильного подъемника в помещение с габаритами 7000х4500х3000мм при условии сохранения целостности пола гаража. Для этого разработана сварная сборная металлоконструкция в виде буквы «Н», в узлах которой будут устанавливаться стойки. Балки этой конструкции должны иметь очень хорошую изгибную жесткость (рис.2). Если центр масс автомобиля при подъеме будет находиться вне зоны стоек подъемника, то концы балок не должны отрываться от пола. Это будет свидетельствовать о надежности конструкции. [5-7]



Рис.2 – Сварная сборная металлоконструкция

Закреплять стойки подъемника к «хлипкому» полу не рекомендуется, так как возможны его повреждения. Если плита пола помещения имеет толщину не менее 150 мм, армирована арматурой $\varnothing 12$ мм в два пояса и марка бетона 350 и более, авторы статьи предлагают конструкцию в виде двух отдельных сварных «лап» под стойки подъемника, закрепленных химическими анкерами (рис.3,5). [9,10]



Рис.3 – Состав химического анкера

Функция «лап» увеличить плечо рычага, вырывающего анкер из пола во время подъема автомобиля. Кратность увеличения плеча рычага должна быть не менее 2,5 (рис.4,5).



Рис.4 – Анкерные соединения

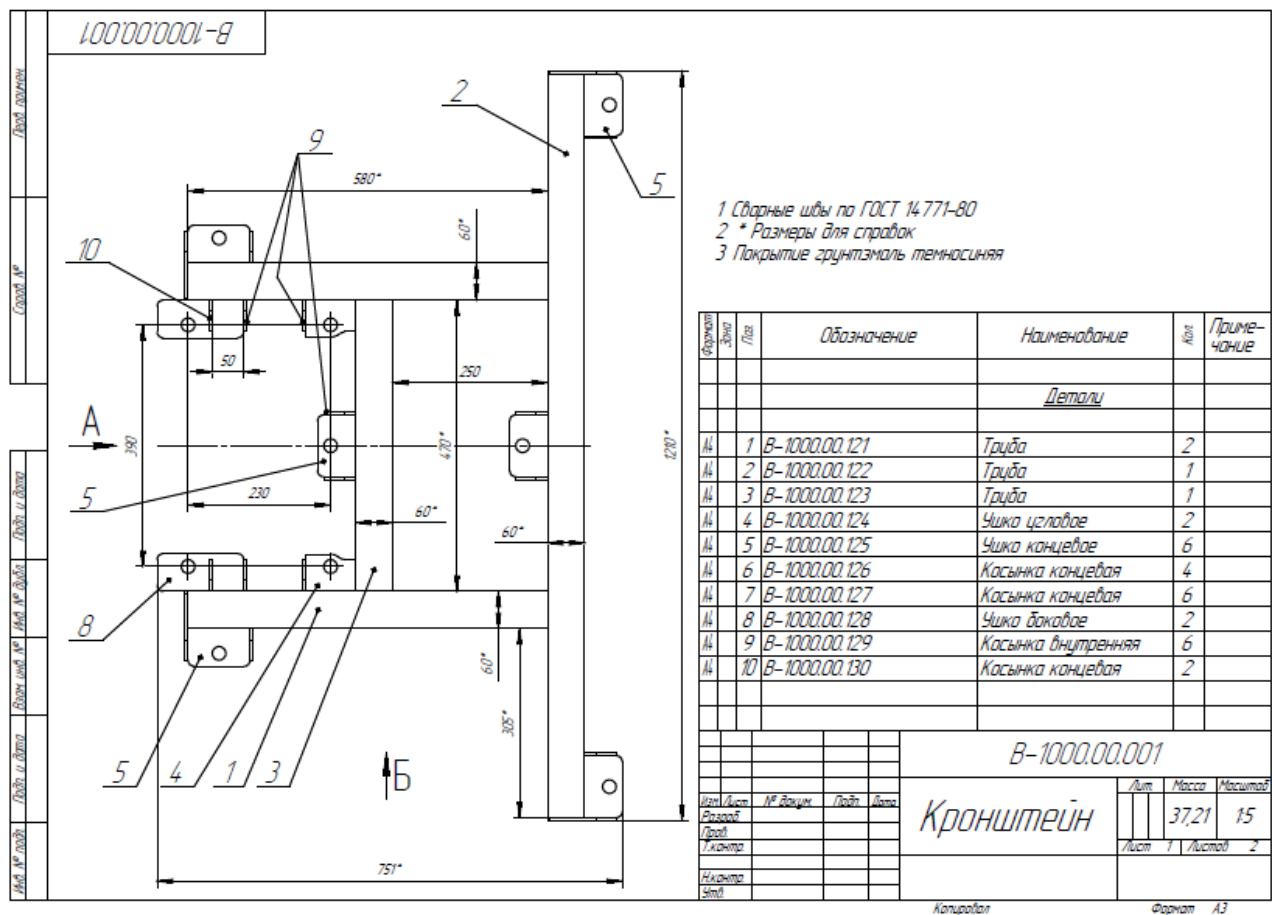


Рис.5 – Чертеж крепления

При установке стоек подъемника компания-производитель рекомендует использовать комплект механических клиновых анкеров $l=200\text{мм}$. Их основной недостаток в том, что они создают внутреннее напряжение в бетоне. В связи с этим плита основания должна иметь толщину не менее 250 мм. Химические анкера не имеют этого недостатка, но в зависимости от химического состава имеют разную нагрузочную способность. Лучшим по прочности считается клей ЭД-20 (рис.3). [9,10]

Проведем расчет на прочность анкерного соединения.

В данном случае у нас комбинированное разрушение, так как прочность соединения зависит от двух факторов:

1. Прочности бетона на скалывание.
2. Прочности клеевого шва (клей ЭД-20).

Как правило, для анкеров, закрепленных химическим способом (клеем), решающим фактором является прочность бетона. Клей ЭД-20 и стальная шпилька обычно прочнее, чем бетон вокруг них.

1. Расчет бетона на прочность (наиболее вероятный сценарий).

При испытании анкеров на вырыв бетон разрушается по форме условного конуса или пирамиды. Существуют стандартные методы расчета на отрыв (вырыв) бетона (например, в СП 63.13330.2012 или в рекомендациях производителей химических анкеров)

Упрощенная формула для ориентировочной оценки:

$$N = \pi \cdot d \cdot h \cdot R_{\text{бетона}}, \text{ Н}$$

где: N - вырывающее усилие (Н);

d - диаметр отверстия;

h - глубина заделки;

$R_{\text{бетона}}$ - расчетное сопротивление бетона вырыву анкера (Па).

Величина $R_{\text{бетона}}$ зависит от марки (класса) бетона. Для бетона класса В15 $R_{\text{бетона}}$ можно принять 1,0 - 1,2 МПа (1 000 000 - 1 200 000 Па). Для более прочного бетона В25 значение будет выше ~1,8-2,0 МПа.

Проведем ориентировочный расчет для бетона В15 при $d=0,022\text{м}$, $h=0,15\text{м}$:

$$N = \pi \cdot d \cdot h \cdot R_{\text{бетона}}$$

$$N = 3,14 \cdot 0,022 \cdot 0,15 \cdot 1200000 = 12440,71\text{Н} \approx 12,4\text{кН}$$

Получившиеся значение является заниженным, на практике такие анкеры показывают лучшие результаты. Опытные данные и рекомендации производителей для химических анкеров с глубиной заделки 150 мм в бетоне средней прочности показали, что ожидаемое усилие на вырыв лежит в диапазоне 30 – 50 кН: 30 кН (~3000 кгс) — можно ожидать для некачественного бетона или при неидеальной технологии установки; 50 кН (~5000 кгс) — для бетона хорошего качества.

2. Проверка по прочности клеевого соединения – шпилька-клей-бетон.

Площадь контакта клеевого шва:

$$S = \pi \cdot d_{\text{отв}} \cdot h = 3,14 \cdot 22 \cdot 150 = 10362\text{мм}^2$$

Предел прочности при сдвиге (Т) ГОСТ 25717-83 для эпоксидного клея ED-20 после полного отверждения составляет не менее 15-20 МПа (15-20 Н/мм²).

$$N = S \cdot T = 10362 \cdot 15 = 155430\text{Н} \approx 155,4\text{кН}$$

Получившееся значение многократно превышает прочность бетона на вырыв. Это подтверждает, что клей и стальная шпилька не являются слабым звеном. Разрушение произойдет по бетону. [12-14]

Проверка прочности шпильки.

Площадь поперечного сечения шпильки М20 ГОСТ 22042-76:

$$A_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{17,5^2}{4} = 240,4 \text{ мм}^2$$

Предел прочности стали класса 4.6 (самая распространенная) составляет 400 Н/мм². [11]

$$N = A_s \cdot 400 = 240,4 \cdot 400 = 96160 \text{ Н} \approx 96,2 \text{ кН}$$

Получили, что шпилька также прочнее бетона.

Проведенные расчеты показали, что максимальное усилие на вырыв ограничивается прочностью бетона и составляет ориентировочно 30 – 50 кН.

На это значение сильно влияют:

1. Класс бетона: чем прочнее бетон, тем выше сопротивление вырыву.
2. Качество очистки отверстия: пыль и влага; отверстие должно быть очищено щеткой и продуту сжатым воздухом.
3. Технология установки: правильное заполнение отверстия клеем без пузырей воздуха.
4. Возраст бетона и его состояние: наличие трещин, влажность.
5. Расстояние до края бетона: если анкер стоит близко к краю (менее 100-150 мм), сопротивление вырыву резко снижается.

Рекомендации:

1. Для критически важных соединений всегда необходимо проводить натурные испытания на вырыв непосредственно на объекте, чтобы получить точные данные для конкретного бетона и условий монтажа.
2. Количество анкеров при закреплении лапы должно быть не менее количества крепежа стойки подъемника. Конструкцию лапы нужно спроектировать так, чтобы конструктивные элементы напрямую воспринимали изгибающий момент, запас прочности должен быть втроекратным из-за безопасности эксплуатации подъемника.
3. Профильные трубы являются идеальным конструкционным материалом по жесткости и несущей способности. Сварные швы в конструкции должны воспринимать только сдвигающие усилия. Нельзя допустить, чтобы швы работали на растяжение.
4. Расположение анкеров, кроме удаленности от места крепления стойки, должно учитывать расположение арматуры в бетоне. Отверстия для крепления анкеров должны пройти мимо прутьев арматуры, в одном квадрате между прутьями не должны попасть два отверстия. Из-за нарушения этого условия может возникнуть растрескивание бетона, и химический анкер потеряет несущую способность в силу отслоения клея от стенки отверстия.

Проведенные расчеты на прочность, обоснованный выбор клеевого состава химического анкера, разработка конструкции установочных кронштейнов («лап», рис.5), выполнение рекомендаций способствовало успешной установке автоподъемника в помещении (рис.6).

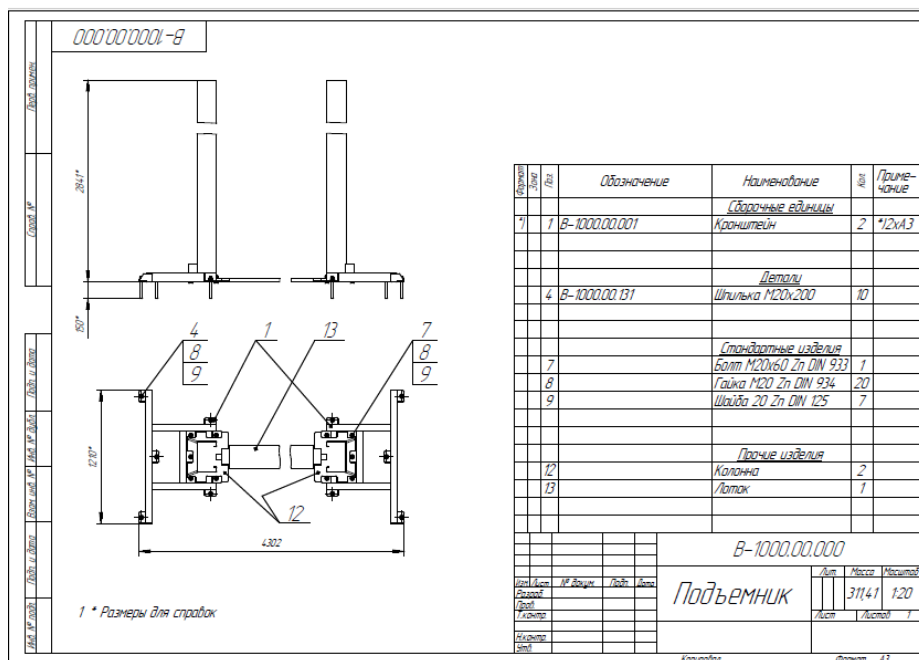


Рис.6 – Сборочный чертеж и установка подъемника

References

- Исаенко, В. Д. Типаж и эксплуатация технологического оборудования (Автомобильный транспорт) : учебное пособие / В. Д. Исаенко, П. В. Исаенко, А. В. Исаенко. — Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2021. — 260 с. — ISBN 978-5-93057-987-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123753.html> (дата обращения: 08.09.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Живоглядов, Н. И. Основы расчета, проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 [Текст]/ Н. И. Живоглядов. - Тольятти : ТГУ, 2002. - 145 с. : ил.
- Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов. [Текст] /Г.М. Напольский. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

4. Афанасьев, Л.Л. Гаражи и станции технического обслуживания автомобилей. Альбом чертежей. [Текст] / Л.Л. Афанасьев, Б.С. Колясинский, А.А. Маслов. – М.: Транспорт, 1980. – 216 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя В 2-х т. [Текст]/ Под ред. А.К. Косиловой; Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986.
6. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя . В 3 т. Т. 2 [Текст] / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - Изд. 9-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 959 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Прил.: с. 945-953. - Перечень стандартов: с. 954-959.
7. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя . В 3 т. Т. 3 [Текст] / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - Изд. 9-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 927 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Перечень стандартов: с. 918-927.
8. Малкин, В. С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Малкин ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 451 с. : ил. - Библиогр.: с. 445. - Прил. : с. 446-451.
9. Виды химических анкерov: капсульные, ампульные, инъекционные/электронный ресурс <https://krepcom.ru/blog/products-articles/vidy-khimicheskikh-ankerov-kapsulnye-ampulnye-inieksionnye/?ysclid=mg26v1zea5800114483>
10. Конструкционные клеи: учебное пособие / Л.И. Казанская [и др.].. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 116 с. — ISBN 978-5-7882-2163-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/79309.html> (дата обращения: 27.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
11. Классы прочности и марки сталей для болтов,винтов и шпилек/электронный ресурс <http://www.metiza.ru/technical/klassy-prochnosti-i-marki-staley.html>
12. Блянкинштейн, Игорь Михайлович. Научные основы совершенствования технологического оборудования для технического сервиса автотранспортных средств : диссертация ... доктора технических наук : 05.22.10 / Блянкинштейн Игорь Михайлович; [Место защиты: Иркут. гос. техн. ун-т].- Красноярск, 2012.- 467 с.: ил. РГБ ОД, 71 13-5/467
13. Blyankinshtein I. M. Alternative method for evaluation of vehicle static transverse stability / I. A. Fedotov, D. A. Khudyakov, F. Y. Smolenkov, E. G. Makhova, I. M. Kolesnikov APITECH-2019, IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series / 1399 (2019) 055094 // doi:10.1088/1742-6596/1399/5/055094
14. Rong, Q. Dimensional Fault Diagnosis for Compliant Beam Structure Assemblies / Q. Rong, D. Ceglarek, J. Shi // Trans, of ASME, J. Manuf. Sci. and Eng. - 2000. - 122, № 4. - P. 773-780.