

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2023, Том 10, № 4 / 2023, Vol. 10, Iss. 4 <https://t-s.today/issue-4-2023.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/15SATS423.pdf>

DOI: 10.15862/15SATS423 (<https://doi.org/10.15862/15SATS423>)

2.1.2. Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки)

Расчет допусков для строительных работ и геодезического контроля при возведении железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов

¹Столбов Ю.В., ²Пронина Л.А., ³Столбова С.Ю., ¹Гарагуль А.С.

¹ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, Россия

²ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», Омск, Россия

³ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Пронина Лилия Анатольевна, e-mail: la.pronina@omgau.org

Аннотация. Целью публикации является анализ методик расчетов точности строительных работ и геодезического контроля возведения железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий. Для этого рассмотрена методика расчета, учитывающая операционные технологии, включающие строительные работы и геодезический контроль, при возведении вышеупомянутых конструкций. Полученные результаты показывают, что для обеспечения нормируемых предельных отклонений строительных работ, необходимы взаимосвязанные обоснованные нормы точности при возведении сооружений с учетом среднеквадратических погрешностей геодезического контроля. В нормативных документах на возведение конструкций приводятся нормы точности (предельные отклонения) на их окончательное положение, а на геодезический контроль приводятся без учета показателей точности технологических процессов строительных работ. Задавая показателем ответственности сооружений по назначению,

устанавливаем доверительную вероятность обеспечения точности возведения сооружения. Для анализа точности строительных работ и геодезического контроля использованы следующие методы: равного и ничтожного влияния отклонения на окончательное положение конструкций и метод с учетом точности технологических процессов строительства. В настоящей публикации приведены примеры расчетов погрешностей с применением выше указанных методов. Установлено, что наиболее обоснованные допуски для возведения сооружений получены при применении метода с учетом точности технологических процессов их устройства (по показателю точности технологического процесса строительных работ установлены предельные погрешности геодезического контроля).

Ключевые слова: колонны фундаментов; стальные конструкции; строительные работы; геодезический контроль; точность технологических процессов строительства

Tolerances calculation for construction works and geodetic control during erection of reinforced concrete foundation columns for steel structures of thermal and gas-material pipeline overpasses

¹Yury V. Stolbov, ²Liliia A. Pronina, ³Svetlana Yu. Stolbova, ¹Aleksandr S. Garagul

¹Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

²Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

³Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Corresponding author: Liliia A. Pronina, e-mail: la.pronina@omgau.org

Abstract. The purpose of the publication is to analyze the methods of calculations of accuracy of construction works and geodetic control of erection of reinforced concrete foundation columns for overpass steel structures of thermal and gas-material pipelines of oil refineries. For this purpose, a calculation methodology is considered, which takes into account operational technologies, including construction works and geodetic control, during the erection of the above-mentioned structures. The obtained results show that in order to ensure the standardized limit deviations of construction works, interrelated reasonable accuracy standards in the erection of structures are required, taking into account the average weighted average errors of geodetic control. In regulatory documents for the erection of structures are given accuracy standards (limit deviations) on their final position, and on geodetic control are given without taking into account the technological processes accuracy indicators of construction works. Setting the liability

indicator of structures by purpose, we are establishing a confidence probability of ensuring the construction accuracy of the structure. To analyze the construction works and geodetic control accuracy we used the following methods: equal and negligible influence of deviation on the final position of structures and the method taking into account the accuracy of construction's technological processes. In this publication examples of error calculations using the above mentioned methods are given. It is established that the most justified tolerances for structures erection are obtained when the method is applied taking into account the accuracy of their construction technological processes (by the accuracy indicator of technological process of construction works the limiting errors of geodetic control are established).

Keywords: foundation columns; steel structures; construction works; geodetic control; accuracy of technological processes of construction

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons "Attribution" («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons "Attribution" 4.0 Global License



Введение

Introduction

Геодезический контроль железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции является достаточно трудоемкой и непростой задачей [1–3]. Исследуемые объект (рис. 1) отличаются сложной конструкцией и эксплуатируются в условиях вибрации и высоких температур.

Для обеспечения нормального состояния железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции как в период строительства, так и эксплуатации выполняется геодезический контроль, по результатам которого определяется соответствие требованиям их геометрических параметров [1–4]. С этой целью выполняют соответствующие геодезические контрольные измерения взаимного их планового и вертикального положения. Отклонения геометрических параметров рассматриваемых конструкций свыше допустимых значений могут привести к серьезным аварийным ситуациям. Измерение геометрических параметров осуществляется, на основе геодезического контроля (мониторинга) [1–4]. Опыт эксплуатации сооружений показывает, что весомая часть аварий связана с отклонениями конструкций от их геометрических параметров в процессе строительства. Геодезический контроль (мониторинг) является составной частью технического процесса строительства промышленных объектов, и способствует обеспечению качества строительства железобетонных и стальных конструкций эстакад. Современные методы геодезического контроля (мониторинга), основанные на применении современных геодезических приборов (цифровых нивелиров, электронных тахеометров и лазерных сканеров), позволяющие оценивать фактическое положение конструкций сооружения. Методы выполнения геодезических измерений при наблюдениях за деформациями промышленных сооружений неоднократно рассматривались в научных публикациях [1–9]. На сегодняшний день существует немало методов и средств геодезических измерений для обеспечения точности промышленном строительстве [5–8]. Выбор программы наблюдений зависит от требований к точности, условий эксплуатации, наличия измерительных приборов, периода исследований и многих других факторов. Цель геодезического контроля при строительстве, а в дальнейшем для мониторинга при эксплуатации эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий состоит в обосновании и обеспечении обоснованных норм точности контроля пространственного положения наблюдаемых конструкции. Сложность выполнения геодезических измерений состоит в том, что работы на строительной площадке, а при эксплуатации производственной

площадке, выполняется в условиях отсутствия прямой видимости вдоль эстакады теплогазопроводов [10; 11]. Точность наведения на визирные цели существенно снижается при геодезических измерениях геометрических параметров на строительной площадке из-за раскладки деталей конструкций и оборудования. На точность измерений оказывают влияние перепады температур вдоль объекта наблюдений, а также вибрация и колебания фундаментов от механизмов и мест установки измерительного прибора. Для наиболее правильной оценки точности измерений требуются специальные исследования в тех условиях, в которых будут выполняться геодезические наблюдения при строительстве, а в дальнейшем и при их эксплуатации. При геодезическом контроле (мониторинге) железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий определяют следующие геометрические параметры, приведенные в проектной документации (согласно требованиям СП 70.13330.2012) по позициям: предельное смещение осей опалубки от проектного положения тела опор и колонн фундаментов под стальные конструкции; отклонения горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок; отклонение от соосности вертикальных конструкций; отклонение отметок поверхностей и закладных деталей, служащих опорами для стальных или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов; отклонение расположения анкерных болтов (в плане внутри контура опоры, в плане вне контура опоры, по высоте). Перечисленные значения параметров конструкции по позициям не должны выходить за пределы допустимых отклонений. Обязательным условием нормальной работы эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий является соосность вертикальных конструкций, задающих вертикальное положение сооружения. В настоящее время для выполнения геодезического контроля железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий применяются различные технологии. Традиционная технология¹ основана на геометрическом нивелировании, при котором отклонения горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок, и методе бокового нивелирования для определения положения оси в плане [10; 11].

В процессе строительства необходимо контролировать отметки поверхностей и закладных деталей, служащих опорами для стальных или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов, также

¹ Beshr A.A. Development and Innovation of Technologies for Deformation Monitoring of Engineering Structures Using Highly Accurate Modern Surveying Techniques and Instruments: Ph. D. thesis. — Russia, Novosibirsk: Siberian State Geodesy Academy, 2010. — 205 p.

контролю также подлежат расположения анкерных болтов (в плане внутри контура опоры, в плане вне контура опоры, по высоте).

Одним из показателей качества современного строительства является точность геометрических параметров конструкций зданий и сооружений. Следовательно, при проектировании зданий и сооружений и их отдельных элементов, при разработке технологии изготовления элементов и возведении зданий и сооружений следует предусматривать, а в производстве применять необходимые средства и правила технологического обеспечения точности, согласно ГОСТ 21778-81. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения (далее ГОСТ 21778-81). В настоящей статье рассмотрим методы расчета и обоснования допусков на строительные работы и геодезический контроль при возведении железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий.

Точность на геометрические параметры конструкций зданий и сооружений регламентируются в стандартах (ГОСТ), СП и проектно-конструкторской документации. Основными нормативными документами при выполнении строительных работ (устройстве) железобетонных колонн фундаментов является СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции и СП 22.13330.2010 Основания зданий и сооружений.

При устройстве железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов требования к точности геодезического контроля их возведения регламентируется СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве и проектной документации.

В проектной документации на устройство железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад трубопроводов приведены следующие значения предельных отклонений (требования СП 70.13330.2012 табл. 5.12), на законченные строительством конструкции, по позициям:

- п. 3. Предельное смещение осей опалубки от проектного положения тела опор и колонн фундаментов под стальные конструкции 8 мм;
- п. 4. Отклонения горизонтальных плоскостей на весь выверяемый участок 20 мм;
- п. 7. Отклонение от соосности вертикальных конструкций 15 мм;
- п. 9. Отметки поверхностей и закладных деталей, служащих опорами для стальных или сборных железобетонных колонн и других сборных элементов — 5 мм;

п. 10. Отклонение расположения анкерных болтов:

- в плане внутри контура опоры 5 мм;
- в плане вне контура опоры 10 мм;
- по высоте +20 мм.

В СП 126.13330.2012 регламентируется значения среднеквадратических погрешностей $0,2 \cdot \delta_n$ от нормируемых допускаемых отклонений (предельных погрешностей) на законченные строительством конструкции. Таким образом, следует констатировать, что для обеспечения регламентированных норм точности возведения (устройства) железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов необходимо рассчитать допускаемые отклонения и среднеквадратические погрешности строительных работ и геодезического контроля в процессе строительства.

Обоснование норм точности на строительные работы и геодезический контроль при устройстве железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов зависит и от применяемых методов их расчета, а также от показателей ответственности сооружений по назначению — γ_n . Для рассматриваемых железобетонных колонн фундаментов (с нормальным уровнем ответственности сооружений) $\gamma_n = 1$.

1. Основные методы расчета точности строительных работ и геодезического контроля

1. Basic methods for calculating the accuracy of construction work and geodetic control

В представленных материалах рассмотрены методы расчета строительных работ и геодезического контроля при устройстве железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов. Анализ опубликованных работ по строительству и геодезическому контролю [12–16] находит применение для обоснования их точности следующие методы:

1. с использованием принципа равного влияния отдельных источников погрешностей на их окончательное положение;
2. с использованием принципа ничтожного влияния отдельных источников погрешностей на их окончательное положение;
3. с учетом точности технологических процессов при их устройстве.

Рассмотрим возможности применения этих методов для обоснования точности строительных работ и геодезического контроля при возведении железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов.

При устройстве колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад общую среднеквадратическую погрешность их высотного положения можно представить в следующем виде:

$$m^2 = m_C^2 + m_G^2, \quad (1)$$

где m_C , m_G — соответственно величины среднеквадратических отклонений (СКО) строительных работ и геодезического контроля.

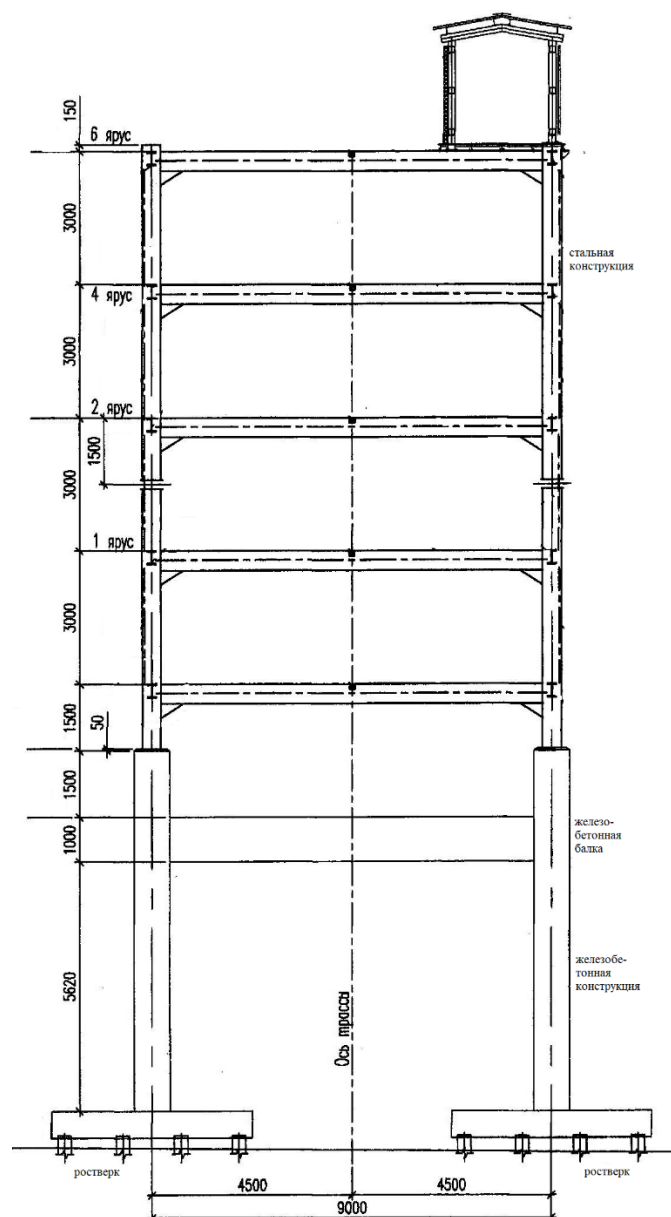


Рисунок 1. Схема расположения элементов каркаса (схема составлена авторами)

Figure 1. Layout of frame elements (diagram compiled by the authors)

При расчете точности этих работ возникает необходимость перехода от допускаемых отклонений к СКО и обратно от СКО к предельным по выражению:

$$m_H = \delta_H / t, \quad (2)$$

где δ_H — допускаемое отклонение (предельная погрешность) элемента конструкции согласно нормативных документов; t — величина, принимаемая при переходе от предельных погрешностей к среднеквадратическим (делитель), и обратно от СКП к предельным (множитель), при доверительной вероятности $P = 0,95$ при $t = 2,0$; $P = 0,99$ при $t = 2,5$; $P = 0,9973$ при $t = 3,0$.

Приведем примеры расчета СКО строительных работ (m_C) и геодезического контроля (m_G) выше указанными методами при $P = 0,95$.

За основу расчета примем допускаемые отклонения расположения анкерных болтов (в плане вне контура опоры 10 мм) рассматриваемого сооружения (рис. 1) от проектных значений $\delta = 10$ мм (при доверительной вероятности $P = 0,95$), тогда значение среднеквадратического отклонения $m_H = 10 / 2,0 = 5$ мм.

2. Расчет норм точности строительных работ и геодезического контроля

2. Calculation of accuracy standards for construction work and geodetic control

При расчете *методом равного влияния* СКО строительных работ и геодезического контроля принимаются равными $m_G = m_C$, а значение их определим по выражению:

$$m_G = m_C = m_H / \sqrt{2}, \quad (3)$$

Они будут равны — $m_G = m_C = 5 / \sqrt{2} = 3,5$ мм, а допускаемые отклонения, при доверительной вероятности их обеспечения $P = 0,95$, будут иметь значения: $\delta_G = \delta_C = 3,5 * 2,0 = 7,0$ мм.

При расчете *методом ничтожного влияния* значение СКО геодезического контроля m_G вычислим по выражению:

$$m_G = m_C / Z, \quad (4)$$

где $1/Z$ — коэффициент ничтожного влияния погрешности геодезического контроля на погрешность высотного положения железобетонных колонн фундаментов.

Если рассчитывается необходимая точность геодезического контроля, то накладывается условие, что погрешность m_{Γ} должна составлять такую часть от m_c , чтобы практически можно было принять $m = m_c$.

С учетом (4) выражение (1) будет иметь вид:

$$m = m_c \sqrt{1 + \frac{1}{Z^2}}. \quad (5)$$

Коэффициент повышения точности Z , можно найти из соотношения:

$$Z = \frac{m_c}{\sqrt{m^2 - m_c^2}}. \quad (6)$$

С учетом ничтожного влияния погрешности m_{Γ} потребуем, чтобы разность $m - m_c$ не превышала величину СКП суммарной погрешности m_m , то есть [12; 13]:

$$m - m_c \leq m_m \quad (7)$$

Тогда:

$$m^2 - m_c^2 = (m - m_c)(m + m_c) \approx 2mm_m. \quad (8)$$

Подставив в (6) выражение (8) получим [12–16]:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{2m_m}{m}}}. \quad (9)$$

Величина погрешности m_{Γ} определяется соотношением m_m / m , которое может быть принято равным 10 и 20 %. Если соотношение m_m / m принимаем равным 10 %, то $Z=2,2$, а $m_{\Gamma} = 0,45m_H$, а при принятии m_m / m равным 20 %, то $Z=1,6$, а $m_{\Gamma} = 0,62m_H$.

При доверительной вероятности $P=0,95$ значение среднеквадратического отклонения железобетонных колонн фундаментов будет равно $m_H = 10 / 2,0 = 5,00$ мм.

Тогда величины m_{Γ} будут при $Z=2,2$ равны $m_{\Gamma} = 0,45 * 5,00 = 2,25$ мм, а при $Z=1,6$ $m_{\Gamma} = 0,62 * 5,00 = 3,10$ мм. Предельные погрешности на геодезический контроль соответственно будут равны 4,50 мм и 6,20 мм.

Значения СКП строительных работ вычислим по выражению (1):

Они будут равны при $Z=2,2$ $m_C = 4,46$ мм, при $Z=1,6$ $m_C = 3,92$ мм, а допускаемые отклонения соответственно $\delta_C = 8,92$ мм и $\delta_C = 7,84$ мм.

Расчеты допусков на строительные работы и геодезический контроль *методом с учетом точности технологических процессов* при возведении конструкций зданий и сооружений приведены в работах [12–16] которые можно с успехом использовать при устройстве железобетонных колонн фундаментов под эстакады для стальных конструкций теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий.

Расчеты допусков на строительные работы и геодезический контроль *методом с учетом точности технологических процессов* при возведении конструкций зданий и сооружений приведены в работах [12–16] которые можно с успехом использовать при возведении железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов нефтеперерабатывающих предприятий.

Исходными для определения допусков на геодезический контроль являются коэффициенты точности при возведении железобетонных колонн фундаментов T_{II} , а также значения вероятной величины S выхода погрешности измерений за границу поля допуска Δ_H .

Для определения предельной погрешностей контрольных измерений необходимо установить значение коэффициентов точности геодезического контроля T_K .

В строительных нормах стран экономической взаимопомощи (СЭВ), которые действовали в СССР и некоторые из них действуют в нашей стране и других странах и по настоящее время, погрешность измерений установлена в пределах 10 % от допуска Δ_H .

В опубликованных работах [12–16] приведены таблицы с характеристиками точности технологических процессов возведения сооружений, используя которые, можно рассчитать вероятность ошибочной приемки K_p и ошибочно отбраковки K_n элементов конструкций или работ и вероятную величину S выхода их погрешности за границу поля допуска.

Точность технологических процессов по возведению железобетонных колонн фундаментов T_{II} и их геодезического контроля T_K можно определить по выражениям:

$$T_{II} = \frac{\delta_H}{m_\phi}; \quad (10)$$

$$T_{\Gamma} = \frac{\delta_{\Gamma}}{\Delta_H}, \quad (11)$$

где δ_H — допускаемое отклонение (предельная погрешность), согласно нормативных документов и проектной документации; δ_{Γ} — предельная погрешность геодезического контроля; Δ_H — нормативный строительный допуск, равный $2\delta_H$; m_{ϕ} — фактическое среднеквадратическое отклонение (погрешность) технологического процесса при возведении железобетонных колонн фундаментов.

Согласно этим графикам и таблице, вероятная величина C выхода погрешности за границу поля допуска у ошибочно принятых конструкций будет равна или меньше 10 % от допуска Δ_H при следующих коэффициентах точности геодезического контроля:

$$T_{\Pi} = 1,0; T_{\Gamma} = 0,225 \text{ или } 22,5 \%; \quad (12)$$

$$T_{\Pi} = 1,25; T_{\Gamma} = 0,275 \text{ или } 27,5 \%; \quad (13)$$

$$T_{\Pi} = 1,5; T_{\Gamma} = 0,275 \text{ или } 27,5 \%; \quad (14)$$

$$T_{\Pi} = 1,64; T_{\Gamma} = 0,305 \text{ или } 30,5 \%; \quad (15)$$

$$T_{\Pi} = 2,0; T_{\Gamma} = 0,45 \text{ или } 45 \%; \quad (16)$$

$$T_{\Pi} = 2,5\text{--}3,0; T_{\Gamma} = 0,48 \text{ или } 48 \%; \quad (17)$$

По коэффициенту точности T_{Γ} можно рассчитать предельную погрешность геодезического контроля, на основании выражения (13), по формуле:

$$\delta_{\Gamma} = T_{\Gamma} * \Delta_H = T_{\Gamma} * 2\delta_H. \quad (18)$$

Для отклонения расположения анкерных болтов (железобетонных колонн фундаментов) $\delta_H = 10 \text{ мм}$ предельные и среднеквадратические погрешности на геодезический контроль, при $P = 0,95$, будут иметь значения:

$$T_{\Pi} = 1,0; \delta_{\Gamma} = 0,45 * \delta_H = 0,45 * 10,00 = 4,5 \text{ мм}; m_{\Gamma} = 2,25 \text{ мм};$$

$$T_{\Pi} = 1,25; \delta_{\Gamma} = 0,5 * \delta_H = 0,5 * 10,00 = 5,0 \text{ мм}; m_{\Gamma} = 2,5 \text{ мм};$$

$$T_{\Pi} = 1,5; \delta_{\Gamma} = 0,55 * \delta_H = 0,55 * 10,00 = 5,5 \text{ мм}; m_{\Gamma} = 2,75 \text{ мм};$$

$$T_{\Pi} = 1,64; \delta_{\Gamma} = 0,61 * \delta_H = 0,61 * 10,00 = 6,10 \text{ мм}; m_{\Gamma} = 3,05 \text{ мм};$$

$$T_{\Pi} = 2,0; \delta_{\Gamma} = 0,90 * \delta_H = 0,90 * 10,00 = 9,0 \text{ мм}; m_{\Gamma} = 4,50 \text{ мм};$$

$$T_{\Pi} = 2,5\text{--}3,0; \delta_{\Gamma} = 0,916 * \delta_H = 0,916 * 10,00 = 9,16 \text{ мм}; m_{\Gamma} = 4,58 \text{ мм};$$

Величины среднеквадратических отклонений (погрешностей) строительных работ вычислим, как ранее было выполнено, по выражению (1). Результаты расчетов допусков на строительные работы и геодезический контроль, для обеспечения нормированных отклонений расположения анкерных болтов вне опоры (железобетонных колонн фундаментов) разными методами, приведены в (табл. 1).

Таблица 1/ Table 1

Значения допускаемых отклонений (предельных погрешностей) δ и среднеквадратических отклонений (погрешностей) (m) на строительные работы и геодезический контроль, рассчитанные разными методами

Permissible deviations values (limiting error) δ and mean square deviation (errors) (m) for construction work and geodetic control, calculated by different methods

№ п/п Sequential number	Методы расчета допусков с учетом Calculation methods with the account of tolerances	Коэффициент повышения точности Z и технологич. Процесса T_n Accuracy improvement coefficient Z and technological process T_n	Нормированное значение отклонений, мм Normalized deviation value, mm		Допуски на строительные работы, мм Tolerances for construction work, mm		Допуски на геодезический контроль, мм Tolerances for geodetic control, mm	
			δ_n	m_n	δ_c	m_c	δ_r	m_r
1	Принципа равного влияния погрешностей The principle of equal errors influence	—	10,0	5,0	7,08	3,54	7,08	3,54
2	Принципа ничтожного влияния погрешностей The principle of negligible errors influence	$Z = 1,6$	10,0	5,0	7,75	3,92	6,20	3,10
		$Z = 2,2$	10,0	5,0	8,92	4,46	4,50	2,25
3	Точности технологического процесса устройства оснований и покрытий Accuracy of the technological process of constructing bases and coatings	$T_n = 1$	10,0	5,0	8,92	4,46	4,50	2,25
		$T_n = 1,25$	10,0	5,0	8,64	4,32	5,00	2,50
		$T_n = 1,5$	10,0	5,0	8,35	4,17	5,50	2,75
		$T_n = 1,64$	10,0	5,0	6,10	3,05	6,02	3,01
		$T_n = 2,0$	10,0	5,0	4,36	2,18	9,00	4,50
		$T_n = 2,5-3$	10,0	10,0	4,0	2,0	9,16	4,58

Примечание: значения предельных отклонений и среднеквадратических погрешностей, приведены с двумя значащими цифрами после запятой приведены, для исключения ошибок при округлении результатов вычислений. Составлена авторами /
Note: the values of limit deviations and standard errors are given with two significant figures after the decimal point to eliminate errors when rounding the calculation results. Compiled by the authors

Подобным образом можно рассчитать значения предельных и среднеквадратических погрешностей при возведении железобетонных колонн фундаментов на другие показатели, приведенные в проектной

документации требования (согласно СП 70.13330.2012 табл. 5.12). Для обоснования допусков на строительные работы и геодезический контроль нормируемых (предельных) значений на возведение (устройство) железобетонных колонн фундаментов рассчитаем коэффициенты соотношений (K) показателей с $\delta_n = 10$ мм по позициям: для п. 3. $\delta_n = 8$ мм ($K = 0,8$); п. 4. $\delta_n = 20$ мм ($K = 2,0$); п. 7. $\delta_n = 15$ мм ($K = 1,5$); п. 9. $\delta_n = 5$ мм ($K = 0,5$); п. 10. $\delta_n = 5$ мм ($K = 0,5$), $\delta_n = 10$ мм ($K = 1,0$); $\delta_n = 20$ мм ($K = 2,0$).

Анализ результатов расчета допусков на строительные работы и геодезический контроль на возведение (устройство) железобетонных колонн фундаментов, представленный в (табл. 1), позволяет сделать следующие выводы:

1. При расчете допусков с применением метода, основанного на принципе равного влияния, получены равные значения норм точности на строительные работы и геодезический контроль, что не соответствует практике возведения железобетонных колонн фундаментов;
2. При расчете допусков с применением метода, основанного на принципе ничтожного влияния, получены заниженные значения погрешностей на геодезический контроль на возведение (устройство) железобетонных колонн фундаментов по сравнению с методом равного влияния;
3. При расчете допусков с применением метода с учетом точности технологических процессов, получены наиболее обоснованные значения погрешностей на строительные работы и геодезический контроль на возведение железобетонных колонн фундаментов. При расчетах методом ничтожного влияния с $Z = 2,2$ полученные величины отклонений (погрешностей) соответствуют значениям равным при коэффициенте точности технологического процесса $T_n = 1$, а при $Z = 1,6$ — они соответствуют практически при $T_n = 1,64$.

Заключение

Conclusion

В нормативных документах и проектной документации допускаемые отклонения (погрешности) приведены на законченные строительством детали конструкций, без учета погрешностей геодезического контроля при их возведении.

Приведенный анализ методов расчета допусков на строительные работы и геодезический контроль возведения (устройства) железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов показал, что наиболее обоснованные нормы получены при применении метода с учетом точности технологических процессов устройства. При этом необходимо выполнять налаживание точности технологических процессов устройства возведения (устройства) железобетонных колонн фундаментов под стальные конструкции эстакад теплогазопроводов не по допускаемым отклонениям (предельным погрешностям), а по среднеквадратическим отклонениям (погрешностям) с доверительной вероятностью $P = 0,95$, как сооружение с нормальным уровнем ответственности $\gamma_n = 1$.

Следует отметить, что для качественного возведения сооружений необходимо учитывать уровень технологии строительного производства и назначать нормы точности не на окончательное положение конструкций регламентируемые в нормативных документах, а на строительные конструкции, с учетом точности геодезического обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Асташенков, Г.Г.** Интервальные оценки параметров осей прямолинейных инженерных объектов значительной протяженности / Г.Г. Асташенков, Е. И. Тимошенко // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1992. — № 2. — С. 16–23. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27162476>. — EDN WWKHUJ. (дата обращения: 28.10.2023).
2. **Асташенков, Г.Г.** Определение оптимального положения осей инженерных объектов / Г.Г. Асташенков, Е.И. Тимошенко. — Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН "Наука", 1995. — 120 с. — URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001727256> (дата обращения: 28.10.2023).
3. **Асташенков, Г.Г.** Задача оценки точности при определении оптимального положения осей инженерных объектов по результатам геодезических измерений / Г.Г. Асташенков // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 1995. — № 9. — С. 108–111. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35031509>. — EDN XPHEBV. (дата обращения: 28.10.2023).
4. **Жуков, Б.Н.** Роль, теория и практика геодезического контроля технического состояния зданий и сооружений / Б.Н. Жуков // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. — 2006. — № 11. — С. 111–116. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17637156>. — EDN OVYURN. (дата обращения: 28.10.2023).
5. **Ustavich, G.A.** Investigation and improvement of metrological calibration tests of the "digital level-barcode rod" system / G.A. Ustavich, M.Y. Rakhymberdina, M.M. Toguzova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. — 2016. — Т 11. — № 8. — С. 5397–5403. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27152779>. — EDN WWEUIN. (дата обращения: 28.10.2023).
6. **Уставич, Г.А.** Определение крена сооружений башенного типа GPSприемниками и тахеометрами / Г.А. Уставич // Геодезия и картография. — 2003. — № 9. — С. 30–33.
7. **Хорошилов, В.С.** Оптимизация выбора методов и средств геодезического обеспечения монтажа технологического оборудования / В.С. Хорошилов // Вестник Сибирской государственной геодезической академии. — 2006. — № 11. — С. 117–125. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17637157>. — EDN OVYURX. (дата обращения: 28.10.2023).

8. **Глебко, М.Г.** Инженерно-геодезические работы при решении прикладных задач в строительстве / М.Г. Глебко, А.О. Гурко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2017. — № 8. — С. 185–188. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30707240>. — EDN ZVZDCX. (дата обращения: 28.10.2023).
9. **Шевченко, Т.Г.** Влияние конструктивных особенностей крупногабаритных агрегатов на точность установки их инженерно-геодезическими методами / Т.Г. Шевченко, К.Р. Третьяк // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1985. — № 6. — С. 50–57.
10. **Seredovich, V.A.** Deformation prediction using exponential polynomial functions / V.A. Seredovich, R. Ehigiator — Irughe, O.M. Ehigiator, H. Oriakhi // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2012. — Т 1. — № 1. — С. 148–154. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17936582>. — EDN PCNEBJ. (дата обращения: 07.11.2023).
11. **Горбулин, Р.П.** Нормирование точности геодезических измерений и строительно-монтажных работ при возведении стальных резервуаров под нефтепродукты / Р.П. Горбулин, А.И. Уваров. — DOI <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-4-19-26> // Вестник СГУГиТ. — 2020. — Т 25. — № 4. — С. 19–26. — URL: <https://vestnik.ssga.ru/wp-content/uploads/2020/12/19-26.pdf>. — EDN PVUQYG. (дата обращения: 07.11.2023).
12. **Столбов, Ю.В.** Исследование точности определения высотных отметок конструкции линейного сооружения с использованием разных геодезических приборов / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Л.А. Пронина, Н.А. Пархоменко. — DOI <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-4-44-57> // Вестник СГУГиТ. — 2019. — Т 24. — № 4. — С. 44–57. — URL: <https://vestnik.ssga.ru/wp-content/uploads/2019/12/44-57.pdf>. — EDN NRFMIT. (дата обращения: 07.11.2023).
13. **Столбов, Ю.В.** Методы расчета и обоснование допусков на строительные работы и геодезический контроль при возведении линейных сооружений / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Л.А. Пронина // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2018. — № 2. — С. 60–69. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35161587>. — EDN USPVHC. (дата обращения: 07.11.2023).
14. **Столбов, Ю.В.** Обоснование допусков на строительные и геодезические работы для обеспечения высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев, К.С. Кокуленко // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2010. — № 9. — С. 75–80. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17790600>. — EDN OZICOL. (дата обращения: 07.11.2023).
15. **Столбов, Ю.В.** Обоснование и обеспечение необходимой точности детальной разбивки вертикальных отметок конструктивных слоев дорожных одежд / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев, Л.А. Пронина // Омский научный вестник. — 2012. — № 2. — С. 261–263. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18387777>. — EDN PMJWNX. (дата обращения: 07.11.2023).
16. **Столбова, С.Ю.** Исследования точности планового и вертикального положения железобетонных конструкций при возведении одноэтажного производственного здания / С.Ю. Столбова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 2. — С. 57–61. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18907072>. — EDN PXTIKT. (дата обращения: 07.11.2023).

Сведения об авторах:

Столбов Юрий Викторович — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, Россия, e-mail: yuv.stolbov@omgau.org
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=443580
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205442132>

Пронина Лилия Анатольевна — кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», Омск, Россия, e-mail: la.pronina@omgau.org
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6727-3674>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=694220

Столбова Светлана Юрьевна — кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск, Россия, e-mail: ssu0810@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=443586

Гарагуль Александр Сергеевич — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры «Геодезия и дистанционное зондирование», ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, Россия, e-mail: as.garagul@omgau.org
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7125-628X>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=695242

Статья получена: 23.12.2023. Принята к публикации: 11.03.2024. Опубликовано онлайн: 25.03.2024.

REFERENCES

1. Astashenkov G.G., Timoshenko E.I. [Interval estimates of the parameters of the axes of rectilinear engineering objects of considerable length]. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 1992; (2): 16–23. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27162476> (accessed 28th October 2023). (In Russ.).
2. Astashenkov G.G., Timoshenko E.I. [Determining the optimal position of the axes of engineering objects]. Novosibirsk: Publishing house of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Nauka"; 1995. Available at: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001727256> (accessed 28th October 2023). (In Russ.).
3. Astashenkov G.G. [The problem of assessing accuracy when determining the optimal position of the axes of engineering objects based on the results of geodetic measurements]. *News of higher educational institutions. Construction*. 1995; (9): 108–111. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35031509> (accessed 28th October 2023). (In Russ.).
4. Zhukov B.N. [The role, theory and practice of geodetic control of the technical condition of buildings and structures]. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2006; (11): 111–116. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17637156> (accessed 28th October 2023). (In Russ.).
5. Ustavich G.A., Rakhymberdina M.Y., Toguzova M.M. Investigation and improvement of metrological calibration tests of the "digital level-barcode rod" system. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016; 11(8): 5397–5403. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27152779> (accessed 28th October 2023). (In Eng.).
6. Ustavich G.A. Opredeleniye krena sooruzheniy bashennogo tipa CPSpriyemnikami i takheometrami [Determination of the roll of tower-type structures using CPS receivers and total stations]. *Geodesy and Cartography*. 2003; (9): 30–33. (In Russ.).
7. Khoroshilov V.S. [Optimization of the choice of methods and means of geodetic support for the installation of technological equipment]. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2006; (11): 117–125. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17637157> (accessed 28th October 2023). (In Russ.).
8. Hlebko M., Gurko A. Engineering and Geodesic Works in Solving Applied Problems in Construction. *Herald of Polotsk State University. Series F. Civil engineering*. Applied sciences. 2017; (8): 185–188. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30707240> (accessed 28th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
9. Shevchenko T.G., Tretyak K.R. Vliyaniye konstruktivnykh osobennostey krupnogabaritnykh agregatov na tochnost' ustanovki ikh inzhenerno-geodezicheskimi metodami [The influence of the design features of large-sized units on the accuracy of their installation using engineering and geodetic methods]. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 1985; (6): 50–57. (In Russ.).
10. Seredovich V.A., Ehigiator — Irughe R., Ehigiator O.M., Oriakhi H. Deformation prediction using exponential polynomial functions. *Interexpo GEO-Siberia*. 2012; 1(1): 148–154. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17936582> (accessed 11th November 2023). (In Eng.).
11. Gorbulin R.P., Uvarov A.I. Normalization of Accuracy of Geodesic Measurements and Construction and Installation Works When Establishing Steel Reservoirs Under Oil Products. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2020; 25(4): 19–26. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-4-19-26>.

12. Stolbov Yu.V., Stolbova S.Yu., Pronina L.A., Parkhomenko N.A. Study of the Accuracy Determination of The Elevations of The Linear Structure Using Different Geodetic Instruments. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2019; 24(4): 44–57. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-4-44-57>.
13. Stolbov Yu.V., Stolbova S.Yu., Pronina L.A. Methods of Calculation and Justification of Tolerances for The Construction Works and Geodesic Control in The Establishment of Linear Facilities. *News of higher educational institutions. Construction*. 2018; (2): 60–69. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35161587> (accessed 11th November 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
14. Stolbov Yu.V., Stolbova S.Yu., Nagayev D.O., Kokulenko K.S. [Justification of tolerances for construction and geodetic work to ensure the high-altitude position of the bases and surfaces of highways]. *News of higher educational institutions. Construction*. 2010; (9): 75–80. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17790600> (accessed 11th November 2023). (In Russ.).
15. Stolbov Yu.V., Stolbova S.Yu., Nagaev D.O., Pronina L.A. Justification and Ensuring Necessary Accuracy of Detailed Layout of Vertical Marks of Constructive Layers of Road Pavement. *Omsk Scientific Bulletin*. 2012; (2): 261–263. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18387777> (accessed 11th November 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
16. Stolbova S.Yu. Researches of Accuracy of Planned and Vertical Provision of Ferroconcrete Designs at Construction of The One-Storeyed Production Building. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2013; (2): 57–61. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18907072> (accessed 11th November 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

Information about the authors:

Yury V. Stolbov — Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia,
e-mail: yuv.stolbov@omgau.org
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=443580
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57205442132>

Liliia A. Pronina — Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia,
e-mail: la.pronina@omgau.org
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6727-3674>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=694220

Svetlana Yu. Stolbova — Omsk State Technical University, Omsk, Russia, e-mail: ssu0810@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=443586

Aleksandr S. Garagul — Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia,
e-mail: as.garagul@omgau.org
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7125-628X>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=695242

Submitted: 23rd December 2023. Revised: 11th March 2024. Published online: 25th March 2024.