

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

2025, Том 12, № 3 / 2025, Vol. 12, Iss. 3 <https://t-s.today/issue-3-2025.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/02SATS325.pdf>

DOI: 10.15862/02SATS325 (<https://doi.org/10.15862/02SATS325>)

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

УДК 528.448:624.154:728.1

## Анализ исполнительных съепок свайных полей при строительстве объектов

<sup>1</sup>Пронина Л.А., <sup>2</sup>Пархоменко Н.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», Омск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Пронина Лилия Анатольевна, e-mail: [la.pronina@omgau.org](mailto:la.pronina@omgau.org)

**Аннотация.** Геодезические и геологические изыскания, на конкретном участке строительства, являются основой выбора технических и экономических показателей, и их целесообразности. На их основе готовятся рабочие и проектные документы свайных полей, схемы дорог, инженерных сетей и коммуникаций, производится оценка стабильности инженерно-геологических условий, проверяется влияние свайных фундаментов на существующие сооружения и окружающую местность и т. п. Возведение сооружения и сдача его в эксплуатацию, обусловлены выполнением разбивочных работ. Самым надежным фундаментом на слабых и мягких грунтах считается свайный, основанием которого служат специальные объединённые между собой вертикальные опоры, погружённые в землю до несущего слоя над землёй. Верхняя часть, которых называется ростверком и служит для равномерного распределения нагрузок при забивке свай. В данной статье приводится анализ испытания свай при строительстве. От точности выполнения геодезических разбивочных работ зависит величина конечного отклонения забитой сваи, на которое оказывают влияние множество факторов. Сваи

устанавливаются на пересечении разбивочных осей, вынесенных геодезистом, разворачиваются вокруг продольной оси в заданное положение. В ходе монтажа каждой сваи выполняется контроль уровня ее отклонения от вертикальной оси. Процесс забивки свай контролируется исполнительной съёмкой. Максимально допустимые отклонения в плане и по высоте, не должны превышать допустимых величин, регламентируемых нормативными документами. В случаях, когда сваи не добиты по высоте и есть возможность, подъехать к месту, применяют сваебойный агрегат, если же такой возможности нет, то верх сваи срезаются до проектной отметки, в противном случае их наращивают путем доливки. В течении выполнения работ были выявлены отклонения превышающие допустимые значения, привело к расширению ростверка.

**Ключевые слова:** строительные работы; геодезический контроль; свайное поле; инженерные изыскания; строительство; исполнительные съёмки; отклонения свай

## Analysis of as-built surveys of pile fields during construction of facilities

<sup>1</sup>Liliia A. Pronina, <sup>2</sup>Natalia A. Parkhomenko

<sup>1</sup>Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

<sup>2</sup>Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia

**Corresponding author:** Liliia A. Pronina, e-mail: [la.pronina@omgau.org](mailto:la.pronina@omgau.org)

**Abstract.** Geodetic and geological surveys at a specific construction site form the basis for selecting technical and economic indicators and assessing their feasibility. Based on these, working and design documents for pile fields, road layouts, utility networks, and communications are prepared; an assessment of the stability of engineering-geological conditions is carried out; and the impact of pile foundations on existing structures and the surrounding area is checked, etc. The erection of a structure and its commissioning are contingent upon the execution of layout works. The most reliable foundation on weak and soft soils is considered to be a pile foundation, which consists of special vertical supports united with each other, driven into the ground until reaching the load-bearing stratum, with their tops above the ground. The upper part is called the pile cap and serves to evenly distribute loads during pile driving. This article provides an analysis of pile testing during construction. The magnitude of the final deviation of a driven pile depends on the accuracy of geodetic layout work, which is

influenced by many factors. Piles are installed at the intersection of layout axes set out by a surveyor and are rotated around the longitudinal axis into a specified position. During the installation of each pile, the level of its deviation from the vertical axis is monitored. The pile driving process is controlled by as-built surveying. The maximum permissible deviations in plan and in height should not exceed the allowable values regulated by normative documents. In cases where piles are not driven to the required depth and it is possible to access the site, a pile-driving rig is used; if such an opportunity does not exist, the pile top is cut to the design elevation; otherwise, they are extended by concreting. During the work, deviations exceeding the permissible values were identified, which led to the expansion of the pile cap.

**Keywords:** construction works; geodetic control; pile field; engineering surveys; construction; as-built surveys; pile deviations

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

В последние десятилетия из-за нестабильности климата происходят последствия, которые приводят к рискам для жизнедеятельности населения. Здания и сооружения представляют собой сложные конструкции, и на территориях техногенного риска подвержены нагрузкам, поэтому требуются выполнять геодезический мониторинг их деформаций. Необходимо отслеживать вертикальные и горизонтальные сдвиги сооружений, для принятия необходимых прогнозных решений [1]. Особое значение имеют гидрометеорологические риски, для них характерны затопления и паводки, их диагностика и оценка выполняется с применением геодезического мониторинга [2]. Для обеспечения устойчивости зданий и сооружений прибегают к улучшению грунтов, существуют методы улучшения основания сооружений, такие как конструктивные, механические и закрепление. Одной из наиболее интересных конструкций улучшения являются грунтовые сваи, такой тип применяется для возведения насыпей на слабых грунтах, метод является наиболее простым и позволяет обеспечить значительную экономию материалов [3]. Одно из наиболее оптимальных решений по укреплению слабых грунтов в основании строительных площадок это щебеночные сваи, их преимущества в сокращении осадок, снижении рисков разжижения грунта, сопротивлении сдвигу, дренажные свойства и т. д. [4]. При расчете нагрузки на группу свай (свайных полей) с учетом взаимодействия свай между собой через грунтовую среду, возникают дополнительные напряжения в грунте, т. е. создается эффект «обжатия» свай грунтом от нагрузок, передаваемых на соседние сваи [5].

Вопрос формирования отказа забивной сваи рассматривается в работе [6], при этом предполагается, что: «отказ сваи — это деформация слоя грунта расположенного под формирующимся уплотненным ядром от сплошной мгновенной нагрузки, передаваемой через подошву уплотненного ядра от удара молота, по голове сваи». На территории города при строительстве здания на свайных фундаментах необходимо предусмотреть безопасность соседних строений. Расстояния размещения строений установлены в соответствии с рекомендациями ВСН 490-87 (Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки). Повреждения сооружения находящиеся в условиях городской застройки, от динамического воздействия при забивке свай, оспариваются в судебном порядке, и экспертиза образовавшихся дефектов выполняются с применением современных средств динамико-

геофизических измерений, к которым в том числе относятся и геодезические методы [7].

Требования к допускам измерений не учитывают многие факторы проведения геодезического мониторинга на объектах, при котором должны обязательно учитываться исследования геотехнического мониторинга.

При проектировании строительства объектов учитываются инженерно-геодезические работы, в процессе которых устанавливается наличие грунтов с сезонным промерзанием (или сыпучих грунтах), при этом уделяется внимание разработки методики создания геодезического обоснования и обеспечения стабильности пунктов этого обоснования на разных этапах его создания [8].

Рекомендуемая точность измерений указанная в нормативных документах на строительные и разбивочные работы на строительной площадке не учитывает многих факторов от способов и средств измерений до выбора геодезических инструментов.<sup>1</sup> Разбивочные работы являются составной частью строительного процесса, от точности их выполнения зависит процесс строительства и дальнейшая эксплуатация сооружения. Важную роль при выполнении разбивочных работ имеет качественное созданное плано-высотное обоснование. Автоматизированные технологии камеральной обработки материалов полевых геодезических работ: обоснование выбора параметров топографической съемки и высоты сечения рельефа, программное обеспечение для выполнения камеральной обработки полевых геодезических измерений рассмотрены в работе. В современных строительных разбивочных работах одна из наиболее популярных услуг выполнение геодезических измерений. Под разбивочными работами подразумевается широкий комплекс мероприятий, выполняемый в строгом соответствии с проектной документацией. С разработкой геодезического оборудования данный вид работ выполняется максимально быстро и качественно. Электронные тахеометры позволяют без дополнительных средств определения местоположения участка на местности, с помощью, установленного в нем программного обеспечения, выполнить необходимые геодезические измерения [9–16]. Для оценки точности высотного положения свайного поля и для полного анализа исполнительных съемок рассмотрим ряд отклонений высот на соответствие его закону нормального распределения, методика оценки известна и приведена в работах [17; 18].

Геодезические и геологические изысканий служат основой выбора технических и экономических показателей. По ним готовят рабочие и проектные документы свайных полей, схемы дорог, инженерных сетей и

---

<sup>1</sup> Рекомендации по расчету, проектированию и устройству свайных фундаментов нового типа в г. Москве.

коммуникаций, производится оценка стабильности инженерно-геологических условий, проверяется влияние свайных фундаментов на существующие сооружения и окружающую местность. Все последующие этапы строительства обусловлены выполнением разбивочных работ, возведением сооружения и сдачей его в эксплуатацию.

Самым надежным созданием основания на слабых и мягких грунтах считается свайный фундамент. Железобетонные сваи передают нагрузку возводимого сооружения на более плотный грунт, расположенный на глубине.

## **1. Геодезические и строительные работы при нулевом цикле на строительной площадке**

### **1. Geodetic and construction works during the zero cycle at the construction site**

Забивка железобетонных свай процесс трудоемкий, ответственный и строго регламентируемый нормативными документами, обозначенными в техническом проекте, прописанных Заказчиком в техническом задании и в программе отдельных видов работ. Согласно требованиям СНиП<sup>2</sup> разрабатываются и утверждаются схемы для установки свай. Рядовая схема (свайный куст) называется последовательной, от первой до последней установки свай, рекомендуется для песчаного грунта. При наличии плотной почвы на участке строительства принимают в разработку секционную схему установки свай (свайная лента). Для обеспечения равномерной нагрузки на плотные или нормальные грунты используют спиральные схемы, отличающиеся началом работ (свайное поле).

Строительство жилого комплекса ведется поэтапно. Качество выполнения работ на нулевом цикле, в состав которого входят: рытье котлована, возведение основания и фундамента, строительство подвала и несущих конструкций подземной части возводимого здания, должно строго соответствовать требованиям инструкций.

Геодезические работы нулевого цикла начинают с определения мест забивки свай от точек пересечения осей. Места забивки на местности обозначают кольями. Последовательность разбивки мест погружения свай зависит от типа свайного поля, принятых схем погружения свай и определяется направлением движения установки для забивки свай. Вынос осей здания и разбивка свайного фундамента требует особенно тщательного выполнения работ и соблюдения технологии. Разбивку свайного фундамента выполняют от осей и проектных точек путем

<sup>2</sup> СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов.

СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

вынесения точек в натуру с использованием электронного тахеометра. Ошибки геодезиста могут нанести непоправимый вред. От точности выноса точек зависит величина конечного отклонения забитой сваи [10; 13]. На отклонение сваи влияет множество факторов. Факторы, оказывающие влияние на точность, учитываются при выполнении расчетной модели создаваемого свайного поля, которая должна учесть все возможные погрешности, показать запас надежности, устранив наиболее неблагоприятные воздействия на свайное поле.

В ходе погружения сваи в грунт (забивке), они подводятся краном и устанавливаются на пересечении разбивочных осей, закрепленных на местности кольями, вынесенными геодезистом, затем разворачиваются вокруг продольной оси в заданное положение. Верхним концом сваю подводят под наголовник и опускают молот. При этом центр сваи совмещают с меткой пересечения разбивочных осей, вынесенных на кольешек, и устанавливают приблизительно, так как точно совместить не удается, что в свою очередь, дает небольшое отклонение. В ходе монтажа каждой сваи выполняется геодезический контроль уровня ее отклонения от вертикальной оси.

На смещение сваи от оси влияет процесс массовой забивки их на строительной площадке, из-за вытеснения грунта увеличивается общее отклонение от осей. В результате чего сваи, забитые на начальном этапе и имеющие минимальные отклонения в процессе массовой забивки, смещаются от осей на максимально допустимые размеры отклонений. На отклонения влияет уплотнения нижнего слоя грунта и выпучивание грунта вокруг забиваемой сваи, в результате то приводит к изменению дна котлована. На окончательное отклонение сваи влияет точность выноса проектного положения местоположения сваи в натуру, установка и забивка самой сваи, разновидность грунта, глубина и плотность забивки сваи.

В случаях, когда отклонения свай превышают допуск, забивают сваи-дублиеры. Иногда появляется необходимость расширения фундамента, ростверка и увеличение арматуры или иные действия, позволяющие вывести сваю до проектной отметки. Такие изменения в проект вносят проектировщики, исходя из сложившейся ситуации. Как правило, такие ситуации влекут за собой большие экономические затраты.

Если изначально свая вынесена с отклонением в несколько сантиметров, то в дальнейшем, вероятнее всего, отклонение будет только увеличиваться, и превысит максимальный допуск. Подобные отклонения выявляются по результатам исполнительных съемок.

Исполнительные съемки выполняются на каждом этапе строительства, свайное поле исключения не составляет, и снимается несколько раз. Отклонения могут быть плановые и высотные, допустимые отклонения

регламентируются нормативными документами СП.<sup>3</sup> По результатам исполнительных съемок составляется акт, в котором отражается смещение сваи от оси, и если свая в плановом отношении имеет не допустимые отклонения, то проектирующая организации дает рекомендации, как в том случае нужно поступить на строительной площадке. В случаях, когда сваи не добиты по высоте, при этом допустимое расхождение составляет 3 см и есть возможность, согласно выбранной схеме расположения свай, подъехать к месту, используют сваебойный агрегат, и погружают сваю до требуемого уровня. Если выбранная схема не позволяет, тогда верх сваи срезается до проектной отметки, в противном случае сваи наращивают путем доливки до нужного уровня.

Перед выполнением работ на подготовленном котловане выполняют испытания грунтов, они могут быть статистические и динамические. Для испытания применяется эталонная свая. По результатам испытания становятся известны дополнительные характеристики грунтов, исходя из которых:

- определяются виды и размеры свай, и их несущая способность;
- проводится проверка возможности погружения свай на намечаемую глубину, а также относительная оценка однородности грунтов по их сопротивлению погружению свай;
- проводится определение зависимости перемещения свай в грунте от нагрузок и во времени [5–7].

После завершения этих работ выполняют массовое заполнение свайного поля.

## **2. Исполнительные съемки свайного поля на объекте строительства**

### **2. As-built surveys of the pile field at the construction site**

Количество свай, необходимых для проведения динамических испытаний на исследуемом объекте, составило 2 % от общего числа, что не нарушает требований. На площадке, отведенной под строительный комплекс, для проведения испытаний применен динамический метод для суглинистых грунтов, несколько свай были забиты в разных участках, при этом использовались сваи, диаметр которых составил 30 см а длина 13 м. Сваи были оставлены на период «отдыха», в отведенный промежуток времени они подвергались, воздействию только естественных природных процессов, без антропогенных влияний [3; 7].

---

<sup>3</sup> СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

Временной период «отдыха» может, по нормативным документам составляет от 3 до 6 суток, соответственно при песчаных грунтах (кроме водонасыщенных мелких и пылеватых) и при глинистых (либо разнородных грунтах), расположенного под нижним концом свай.

Основа геодезической исполнительной схемы — наложенная на проектный чертёж геодезическая планово-высотная съёмка объектов, которыми являются железобетонные сваи. Геодезический контроль выполнялся электронным тахеометром Leica TS07 arctic 500R с угловой точностью  $5'' + 2,5 \text{ мм на } 100 \text{ м}$ , точностью определения расстояния в безотражательном режиме (DR) с точностью  $2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$ , точность измерения расстояния по призме составляла  $1,5 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$ . Электронный тахеометр устанавливается и ориентируется относительно двух и более реперов в местной системе координат, способом прямой или обратной геодезической засечек. В зависимости от требуемых заказчиком данных съёмки, способы съёмки сваи существенно отличаются, так как у сваи помимо общего планово-высотного положения может быть поворот сваи относительно проектных осей, в таком случае необходимо делать съёмку по 4 точкам (3 грани сваи на одном уровне и отметка головы сваи). Вертикальность сваи контролируется относительно съёмки одних и тех же рёбер на разных видимых уровнях уже забитой сваи, высчитывается уклон сваи от головы до низа отметки сваи, векторы задаются относительно проектных осей. Если требуется плановое и высотное положение только головы сваи без учёта вертикальности и поворота относительно осей, то используется металлическая конструкция, которая способна обхватить сваю заданного диаметра и наиболее точно указать её центр. В центре такой металлоконструкции формируется прорезь диаметром 2 мм, в которую ставят пику минипризмы, отъюстированная минивеха нивелируется круглым уровнем, указывается её высота в метрах (чем ниже высота от пики до отражателя, тем ниже качения вехи). Сам отражатель направляют в сторону тахеометра, по ориентировочным рискам производят наведение тахеометра на отражатель, константа и постоянная слагаемое которого заранее были учтены, производится запись измерения в отражательном режиме. Контроль вертикальности железобетонной сваи осуществляется путём косвенных измерений, электронным тахеометром снимаются рёбра головы сваи по 3 точкам, так чтобы мы могли работать с двумя плоскостями на одном уровне, далее берутся отсчёты по 3 точкам у видимого основания сваи, рёбра выбираются те же. Определяются векторы отклонений по вертикальности сваи относительно проектной сетки координат, 2 отсчёта лежащие на одном уровне и одной плоскости усредняются (если отклонения каждого ребра не требуются заказчиком), вычисляется отношение планового смещения верха сваи к нижнему отсчету, получается соотношение, умножив на длину сваи которое, мы получим значения по вертикальности.

Допустимое отклонение забивной железобетонной сваи по вертикали — 2 % от её длины, то есть если свая длиной 9 000 мм максимальное допустимое отклонение по вертикали будет 180 мм. При данном виде съёмок нам необходимо получить фактическую высотную отметку, для того, чтобы получить фактическую отметку забоя сваи. Дополнительно берется отсчёт на минипризму, в том случае, если голова сваи повреждена. Фактическую высотную отметку можно получить, взяв её из наиболее высокой точки съёмки головы сваи. Контроль поворота сваи осуществляется на 3 точки по рёбрам головы сваи, в камеральных условиях повторяется контур сваи, при помощи тригонометрических функций определяется поворот сваи вокруг проектных осей.

В заключительной части нашего анализа рассмотрим, подходит ли ряд отклонений свай, полученных как разность фактических и проектных значений в высотном отношении, под нормальный закон распределения.. В работах [17; 18] приведены формулы и методика расчета, мы приведем лишь результаты статистической обработки, они представлены в таблице 1. Можно было бы привезти и анализ отклонений от каждой оси на строительной площадке, мы считаем наиболее важными отклонения именно по высоте, потому и решили рассмотреть именно их.

Таблица 1 / Table 1

Статистическая обработка параметров распределения отклонений высотных отметок на свайном поле  
Statistical processing of the parameters of the distribution of deviations

Интервалы, мм Intervals, mm		Частота Frequency $n_i$	Относ. частота Relative frequency $w_i$	Середина интерв. Midpoint of the interval $x_i$ , мм (mm)	$nx_i$ , мм (mm)	$(x_i - \bar{x})$ , мм (mm)	$n_i(x_i - \bar{x})$ , мм (mm)	$n_i(x_i - \bar{x})^2$ , мм (mm)	$t_1 = \frac{a - \bar{x}}{m}$	$t_2 = \frac{b - \bar{x}}{m}$	$\frac{1}{2} \Phi(t_1)$	$\frac{1}{2} \Phi(t_2)$	$P(x_i)$
a	b												
76	57	4	0,053	66,5	266	77,50	310	24 025	2,64	2,06	0,996	0,980	0,015
57	38	3	0,039	47,5	142,5	58,50	176	10 267	2,06	1,49	0,980	0,932	0,049
38	19	8	0,105	28,5	228	39,50	316	12 482	1,49	0,91	0,932	0,819	0,113
19	0	7	0,092	9,5	66,5	20,50	144	2 942	0,91	0,33	0,819	0,631	0,188
0	-19	18	0,237	-9,5	-171	1,50	27	41	0,33	-0,24	0,631	0,404	0,227
-19	-38	21	0,276	-28,5	-598,5	-17,50	-368	6 431	-0,24	-0,82	0,404	0,206	0,198
-38	-57	12	0,158	-47,5	-570	-36,50	-438	15 987	-0,82	-1,40	0,206	0,081	0,125
-57	-76	3	0,039	-66,5	-199,5	-55,50	-167	9241	-1,40	-1,97	0,081	0,024	0,057
Сумма		76	1,0		-836			81 415					

Составлена авторами / Compiled by the authors

По результатам вычислений выполним точечную оценку точности: среднее значение из полученных отклонений свай по высоте составило:  $\bar{x} = -836 / 76 = -11 \text{ мм}$ ; величина средней квадратической ошибки составила:  $m = \sqrt{81415 / (76 - 1)} = 32 \text{ мм}$ , ошибка среднего значения получилась равной:  $M = 32 / \sqrt{76} = 4 \text{ мм}$ ; в случае ограниченного ряда следует вычислять надежность оценки:  $m_m = 32 / \sqrt{2 \cdot (76 - 1)} = 3 \text{ мм}$ . Сформируем доверительные интервалы для двух параметров нормально распределения отклонений математического ожидания « $a$ » и стандарта « $\sigma$ » с доверительной вероятностью выполнения работ  $P = 0,95$ .

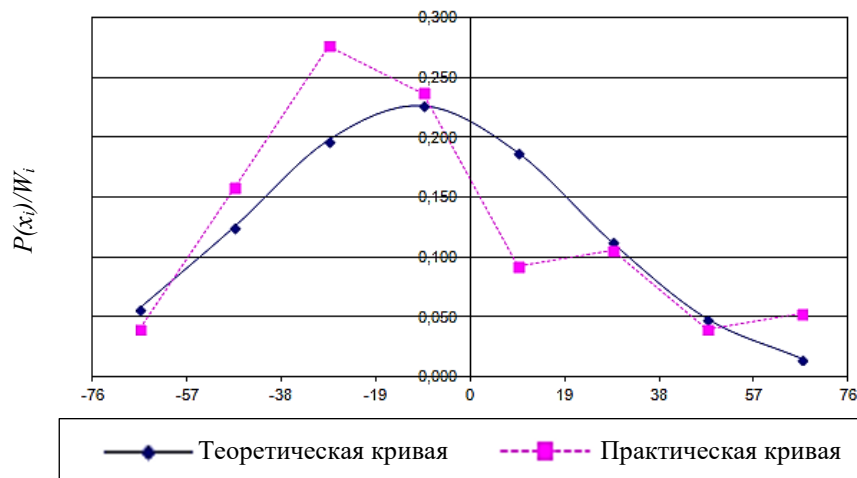
$$\bar{x} - t_q \cdot M < a < \bar{x} + t_q \cdot M, \text{ где } t_q (N = 76; P = 0,95) = 1,99$$

$$-11 - 1,99 \cdot 4 < a < -11 + 1,99 \cdot 4 \Rightarrow -19 \text{ мм} < a < -3 \text{ мм}$$

$$m \cdot (1 - g) < \sigma < m \cdot (1 + g), \text{ где } g (N = 76, P = 0,95) = 0,161$$

$$32 \cdot (1 - 0,161) < \sigma < 32 \cdot (1 + 0,161) \Rightarrow 29 \text{ мм} < \sigma < 37 \text{ мм}$$

Приведем графическое изображение сходимости отклонений высотных отметок на свайном поле, на рисунке 1 представлены кривые распределения отклонений высотных отметок.



**Рисунок 1.** График теоретической и практической кривых распределения отклонений высотных отметок на свайном поле (график составлен авторами)

**Figure 1.** Graph of the theoretical and practical curves of the distribution of elevation deviations on the pile field (graph compiled by the authors)

На графиках горизонтальная ось соответствует интервальному ряду, а на вертикальной оси располагается, для кривой теоретического распределения вероятность случайных величин, которыми являются отклонения высотных отметок на свайном поле, и относительные частоты для практической кривой распределения.

Для сравнения эмпирического распределения с нормальным законом применим критерий Пирсона, результаты расчета приведены таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

**Результаты вычисления критерия К. Пирсона  $\chi^2$   
для оценки сходимости эмпирического распределения отклонений высотных  
отметок на свайном поле с нормальным распределением**

**Results of the calculation of the K. Pearson  $\chi^2$  criterion for assessing  
the convergence of the empirical distribution of elevation deviations on the  
pile field with the normal distribution**

Интервалы, мм Intervals, mm		Частота Frequency $n_i$	Вероятность Probability $P(x_i)$	Теорет. частота Theoretical frequency $NP(x_i)$	$n_i - NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)}$
$a$	$b$						
76	57	4	0,015	1,169	2,831	8,017	6,861
57	38	3	0,049	3,721	-0,721	0,520	0,140
38	19	8	0,113	8,572	-0,572	0,327	0,038
19	0	7	0,188	14,286	-7,286	53,084	3,716
0	-19	18	0,227	17,228	0,772	0,596	0,035
-19	-38	21	0,198	15,034	5,966	35,588	2,367
-38	-57	12	0,125	9,494	2,506	6,280	0,661
-57	-76	3	0,057	4,338	-1,338	1,790	0,413
Сумма Sum		76					$\chi^2_{\text{выч}} = 14,23$

При восьми интервалах число степеней свободы  $k = 5 \cdot \chi^2(0,05;5) = 11$ . Таким образом,  $14,23 \geq 11,1$ . Нулевая гипотеза отвергается. Составлена авторами / With eight intervals, the number of degrees of freedom  $k = 5 \cdot \chi^2(0,05;5) = 11$ . Thus,  $14,23 \geq 11,1$ . The null hypothesis is rejected. Compiled by the authors

Таблица 3/ Table 3

**Вычисление критерия Б.С. Ястремского для оценки  
сходимости эмпирического распределения отклонений высотных отметок на  
свайном поле с нормальным распределением**

**Calculation of the B.S. Yastremsky criterion for assessing  
the convergence of the empirical distribution of elevation deviationson the pile field  
with the normal distribution**

Интервалы, мм Intervals, mm		Частота Frequency $n_i$	Вероятность Probability $P(x_i)$	Теорет. частота Theoretical frequency $NP(x_i)$	$n_i - NP(x_i)$	$[n_i - NP(x_i)]^2$	$1 - P(x_i)$	$NP(x_i)[1 - P(x_i)]$	$\frac{[n_i - NP(x_i)]^2}{NP(x_i)[1 - P(x_i)]}$
$a$	$b$								
76	57	4	0,015	1,169	2,831	8,017	0,985	1,151	6,968
57	38	3	0,049	3,721	-0,721	0,520	0,951	3,539	0,147
38	19	8	0,113	8,572	-0,572	0,327	0,887	7,605	0,043
19	0	7	0,188	14,286	-7,286	53,084	0,812	11,601	4,576
0	-19	18	0,227	17,228	0,772	0,596	0,773	13,323	0,045
-19	-38	21	0,198	15,034	5,966	35,588	0,802	12,060	2,951
-38	-57	12	0,125	9,494	2,506	6,280	0,875	8,308	0,756
-57	-76	3	0,057	4,338	-1,338	1,790	0,943	4,090	0,438
Сумма		76							$Q = 15,923$

При шести интервалах  $S = 8$ ,  $\Theta = 0,6$ ,  $J = \frac{(Q - S)}{\sqrt{(2S - 4\Theta)}} = 2,14$ . Так как  $2,14 < 3$ , то нулевая гипотеза подтверждается. Составлена авторами / With six intervals  $S = 8$ ,  $\Theta = 0,6$ ,  $J = \frac{(Q - S)}{\sqrt{(2S - 4\Theta)}} = 2,14$ . Since  $2,14 < 3$ , the null hypothesis is confirmed. Compiled by the authors

Критерий К. Пирсона считается очень чувствительным и на рассматриваемом объекте с его применением гипотеза о том, что рассматриваемый ряд отклонений высотных отметок на свайном поле с

нормальным распределением отвергается, потому попробуем применить критерий Б.С. Ястремского, результаты вычислений представлены в таблице 3.

Полученные результаты, представленные в таблице 3, показывают, что с применением Б.С. Ястремского, нулевая гипотеза о сходимости эмпирического распределения отклонений высотных отметок на свайном поле с нормальным распределением подтверждается.

## Заключение

### Conclusion

Принято считать, что точность геометрических характеристик элементов конструкций является одним из ключевых показателей особенностей строительства, в производстве используются необходимые средства и принципы технологического обеспечения точности при разработке проекта сооружений. Точность строительных элементов по геометрическим характеристикам зависит от неточностей изготовления деталей, геодезических разбивочных и строительно-монтажных работ. Из этого следует, что показатели по точности геометрических характеристик и надежности строительных систем по назначению взаимосвязаны. Современное геодезическое оборудование позволяет инженеру геодезисту оценить все необходимые отклонения в моменте монтажа свай непосредственно на строительной площадке практически в режиме реального времени. В ходе работ выявляются отклонения свай, гораздо превышающие допустимые значения. На величину отклонения может влиять и точность изготовления самой сваи. Отклонения указываются на схеме рядом с номером свай, и отправляются в проектную организацию для принятия решения по корректировке проекта. В случаях с недопустимыми отклонениями изменяют проект, и по новому проекту работ расширяют ростверк, что приводит к увеличению количества бетона и арматуры. Приведенный анализ позволяет подвести итог сказанному выше, что на рассматриваемом объекте налажен технологический процесс выполнения разбивочных работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бикбулатова, Г.Г. Применение GNSS и беспилотных летательных аппаратов в точном земледелии / Г.Г. Бикбулатова, А.С. Гарагуль, М.О. Громов // Актуальные проблемы и перспективы развития геодезии, землеустройства и кадастра недвижимости в условиях рыночной экономики: Материалы национальной научно-практической конференции, Омск, 24 ноября 2016 года. — Омск: ИП Макшеевой Е.А., 2017. — С. 14–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28781522> EDN: [YFVMED](https://elibrary.ru/edn/yfvmmed) (дата обращения: 21.03.2025).
2. Бикбулатова, Г.Г. Геодезические работы при выносе свай в натуру в условиях многолетней мерзлоты / Г.Г. Бикбулатова, У.С. Муртазалиев, С.С. Бужанов // Актуальные проблемы и перспективы развития геодезии, землеустройства и кадастра недвижимости в условиях рыночной экономики: Материалы национальной научно-практической конференции. — 2017. — С. 14–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28781520> EDN: [NMSXRW](https://elibrary.ru/edn/nmsxrw) (дата обращения: 21.03.2025).
3. Шенкман, Р.И. Исследование эффективности применения грунтовых свай для улучшения слабых грунтов / Р.И. Шенкман, А.Б. Пономарев // Вестник Пермского государственного технического университета. Строительство и архитектура. — 2011. — № 1. — С. 89–94. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17058308> EDN: [OJHLVR](https://elibrary.ru/edn/ojhlvr) (дата обращения: 21.03.2025).
4. Полуниин, В.М. Прогноз дополнительных деформаций зданий и сооружений в процессе высокочастотного вибрирования шпунтовых свай / В.М. Полуниин // Вестник гражданских инженеров. — 2022. — № 2(91). — С. 74–82. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48558262> DOI: [10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82](https://doi.org/10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82) EDN: [EAVFFL](https://elibrary.ru/edn/eavffl) (дата обращения: 21.03.2025).
5. Готман, Н.З. Определение предельного сопротивления основания сваи в составе группы свай / Н.З. Готман, В.С. Алехин, Ф.В. Сергеев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. — 2017. — Т. 8, № 3. — С. 13–21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30075103> DOI: [10.15593/2224-9826/2017.3.02](https://doi.org/10.15593/2224-9826/2017.3.02) EDN: [ZIDLZH](https://elibrary.ru/edn/zidlzh) (дата обращения: 21.03.2025).
6. Кашипов, Р.Р. Применение щебеночных свай при строительстве на слабых грунтах / Р.Р. Кашипов, М.А. Бочкарев, Д.А. Татьянников // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2021. — Т. 2. — С. 22–28. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49184753> EDN: [QRSBMK](https://elibrary.ru/edn/qrsbmk) (дата обращения: 21.03.2025).
7. Нигметов, Г.М. Оценка возможного динамического воздействия при забивке свай на здания, расположенные в окрестности строительства / Г.М. Нигметов, Т.Г. Нигметов, А.М. Савинов // Фундаменты. — 2021. — № 2(4). — С. 31–34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45743132> EDN: [KAIYKT](https://elibrary.ru/edn/kaiykt) (дата обращения: 21.03.2025).
8. Уставич, Г.А. Особенности выполнения деформационного мониторинга инженерных сооружений в условиях вечной мерзлоты / Г.А. Уставич, Е.И. Аврунев, В.Г. Сальников, В.К. Попов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2018. — Т. 329, № 4. — С. 97–109. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35410937> EDN: [XVXWIX](https://elibrary.ru/edn/xvwxwix) (дата обращения: 21.03.2025).
9. Баранова, К.В. Методика выполнения геодезических разбивочных работ электронным тахеометром Leica в современной геодезии / К.В. Баранова, Г.Т. Акопян, Б.А. Хахук, О.С. Забрда // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". — 2020. — № 7. — С. 1–8. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44842916> EDN: [XCUQAT](https://elibrary.ru/edn/xcuqat) (дата обращения: 21.03.2025).
10. Кайшева, А.И. Геодезические разбивочные работы в строительстве / А.И. Кайшева, Л.А. Грибкова, Г.Т. Акопян // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). — 2022. — № 2. — С. 32–34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49324669> EDN: [OJSRTE](https://elibrary.ru/edn/ojsrte) (дата обращения: 21.03.2025).
11. Горилько, А.С. Сравнение способов создания обоснования на промплощадке / А.С. Горилько, М.А. Минаева, Н.М. Рябова, А.М. Астапов // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2023. — Т. 1, № 1. — С. 60–64. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54599035> DOI: [10.33764/2618-981X-2023-1-1-60-64](https://doi.org/10.33764/2618-981X-2023-1-1-60-64) EDN: [ITCYPF](https://elibrary.ru/edn/itcypf) (дата обращения: 21.03.2025).
12. Асташенков, Г.Г. Современные задачи создания геодезического обоснования на строительной площадке / Г.Г. Асташенков, А.А. Караваев, А.С. Кондауров, Н.Д. Никулина // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 1999. — № 11(491). — С. 124–128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23202494> EDN: [TNTGED](https://elibrary.ru/edn/tntged) (дата обращения: 21.03.2025).

13. Азаров, Б.Ф. Нормативные документы, регламентирующие выполнение геодезических работ на разных этапах строительства / Б.Ф. Азаров, Н.А. Малинкин // Ползуновский альманах. — 2018. — № 2. — С. 5–8. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36407578> EDN: [YNJMXR](https://elibrary.ru/item.asp?id=36407578) (дата обращения: 21.03.2025).
14. Асташенков, Г.Г. Использование GPS-технологий при разбивочных работах / Г.Г. Асташенков, Д.Б. Новоселов, А.А. Караваяев [и др.] // Тезисы докладов 64-й научно-технической конференции, Новосибирск, 01–30 апреля 2007 года / Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин); Ответственный за выпуск Н.А. Машкин. — Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2007. — С. 144–145. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34873077> EDN: [XMNBDN](https://elibrary.ru/item.asp?id=34873077) (дата обращения: 21.03.2025).
15. Садрыев, Д.Р. Исследование конфигурации расположения и необходимого количества светоотражающих марок для обеспечения точности разбивочных работ методом линейной угловой засечки / Д.Р. Садрыев, Е.А. Акулова // Инновационная деятельность: теория и практика. — 2016. — № 8(4). — С. 17–18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26723970> EDN: [WMUZZ](https://elibrary.ru/item.asp?id=26723970) (дата обращения: 21.03.2025).
16. Omarov, A. Analysis of Complex Tests of the Module Piles in Difficult Soil Ground / A. Omarov, A. Zhussupbekov, G. Teulenova, D. Orazova // Труды университета. — 2023. — № 2(91). — P. 238–243. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54740709> DOI: [10.52209/1609-1825\\_2023\\_2\\_238](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2023_2_238) EDN: [THVYNU](https://elibrary.ru/item.asp?id=54740709) (дата обращения: 21.03.2025).
17. Pronina, L.A. Accuracy estimate of the paved surface of an automobile road after its reconstruction / L.A. Pronina, E.N. Kupreyeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019, Moscow, 21–24 мая 2019 года. Vol. 760. — Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. — P. 012048. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43247967> DOI: [10.1088/1757-899X/760/1/012048](https://doi.org/10.1088/1757-899X/760/1/012048) EDN: [UEJJOL](https://elibrary.ru/item.asp?id=43247967) (дата обращения: 21.03.2025).
18. Столбов, Ю.В. Геодезические исследования точности высотного положения нижнего слоя покрытия автомобильной дороги при разных шагах нивелирования / Ю.В. Столбов, С.Ю. Столбова, Д.О. Нагаев, К.С. Кокуленко // Омский научный вестник. — 2012. — № 1(108). — С. 239–245. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17945294> EDN: [PCSCYD](https://elibrary.ru/item.asp?id=17945294) (дата обращения: 21.03.2025).

#### Сведения об авторах:

**Пронина Лилия Анатольевна** — кандидат технических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», Омск, Россия, e-mail: [la.pronina@omgau.org](mailto:la.pronina@omgau.org)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6727-3674>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=694220](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=694220)  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57213687007>

**Пархоменко Наталья Александровна** — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры «Геодезия и дистанционное зондирование», ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск, Россия, e-mail: [na.parkhomenko@omgau.org](mailto:na.parkhomenko@omgau.org)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5150-4685>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=404869](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=404869)

Статья получена: 09.08.2025. Принята к публикации: 29.09.2025. Опубликована онлайн: 13.10.2025.

## REFERENCES

1. Bikbulatova G.G., Garagul A.S., Gromov M.O. GNSS applications and unmanned aerial vehicles in exact agriculture. In: [Current problems and prospects for the development of geodesy, land management and real estate cadastre in a market economy: Proceedings of the national scientific and practical conference, Omsk, November 24, 2016]. Omsk: IP Makshevoi E.A.; 2017:14–17. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28781522> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).

2. Bikbulatova G.G., Murtazaliev U.S., Buzhanov S.S. Geodetic works at the stem of piles in nature of permafrost. In: [Current problems and prospects for the development of geodesy, land management and real estate cadastre in a market economy: Proceedings of the national scientific and practical conference, Omsk, November 24, 2016]. 2017:14–17. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28781520> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
3. Shenkman R.I., Ponomarev A.B. [Study of the effectiveness of using soil piles to improve soft soils]. *Construction and Geotechnics*. 2011;(1):89–94. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17058308> (accessed 21st March 2025). (In Russ.).
4. Polunin V.M. Forecasting additional deformations of buildings caused by the process of high-frequency sheet piles' vibration. *Bulletin of Civil Engineers*. 2022;2(91):74–82. DOI: [10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82](https://doi.org/10.23968/1999-5571-2022-19-2-74-82). (In Russ., abstract in Eng.).
5. Gotman N.Z., Alekhin V.S., Sergeev F.V. Determination of bearing capacity of piles in the group. *Construction and Geotechnics*. 2017;8(3):13–21. DOI: [10.15593/2224-9826/2017.3.02](https://doi.org/10.15593/2224-9826/2017.3.02). (In Russ., abstract in Eng.).
6. Kashipov R.R., Bochkarev M.A., Tatiannikov D.A. Application of vibrostone piles at construction on soft soils. [*Modern technologies in construction. Theory and practice*]. 2021;2:22–28. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49184753> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Nigmatov G.M., Nigmatov T.G., Savinov A.M. [Assessment of the possible dynamic impact during pile driving on buildings located in the vicinity of the construction]. [*Foundations*]. 2021;2(4):31–34. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45743132> (accessed 21st March 2025). (In Russ.).
8. Ustavich G.A., Avrunev E.I., Salnikov V.G., Popov V.K. Features of deformation monitoring of engineering structures in permafrost conditions. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2018;329(4):97–109. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35410937> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
9. Baranova K.V., Akopyan G.T., Khakhuk B.A., Zabroda O.S. Methods of performing geodetic center work with the Leica electronic total station in modern geodesy. *Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubSTU"*. 2020;(7):1–8. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44842916> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
10. Kaisheva A.I., Gribkova L.A., Akopyan G.T. Geodetic center work in construction. *Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin)*. 2022;(2):32–34. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49324669> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
11. Gorilko A.S., Minaeva M.A., Ryabova N.M., Astapov A.M. Comparison of ways to create justification on the industrial site. *Interexpo GEO-Siberia*. 2023;1(1):60–64. DOI: [10.33764/2618-981X-2023-1-1-60-64](https://doi.org/10.33764/2618-981X-2023-1-1-60-64). (In Russ., abstract in Eng.).
12. Astashenkov G.G., Karavaev A.A., Kandaurov A.S., Nikulina N.D. Modern task of establishing a geodetic study for the construction site. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 1999;11(491):124–128. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23202494> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
13. Azarov B.F., Malinkin N.A. [Regulatory documents governing the performance of geodetic works at different stages of construction]. *Polzunovskij al'manah*. 2018;(2):5–8. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36407578> (accessed 21st March 2025). (In Russ.).
14. Astashenkov G.G., Novoselov D.B., Karavaev A.A., et al. [Using GPS technology in surveying work]. In: [Abstracts of the 64th Scientific and Technical Conference, Novosibirsk, April 1–30, 2007 / Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin); Responsible for the release: N.A. Mashkin]. Novosibirsk: Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin); 2007:144–145. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34873077> (accessed 21st March 2025). (In Russ.).
15. Sadryev D.R., Akulova E.A. Research of a configuration of an arrangement and necessary quantity of reflecting brands for ensuring accuracy of marking works as method of a linear angular notch. *Innovation Activities: Theory and Practice*. 2016;8(4):17–18. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26723970> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
16. Omarov A., Zhussupbekov A., Tleulenova G., Orazova D. Analysis of Complex Tests of the Module Piles in Difficult Soil Ground. *Trudy Universiteta*. 2023;2(91):238–243. DOI: [10.52209/1609-1825\\_2023\\_2\\_238](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2023_2_238). (In Eng.).

17. Pronina L.A., Kupreyeva E.N. Accuracy estimate of the paved surface of an automobile road after its reconstruction. In: \*IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019, Moscow, 21–24 May 2019\*. Vol 760. Institute of Physics Publishing; 2020:012048. DOI: [10.1088/1757-899X/760/1/012048](https://doi.org/10.1088/1757-899X/760/1/012048). (In Eng.).
  18. Stolbov Yu.V., Stolbova [S.Yu.](#), Nagaev D.O., Kokulenko K.S. Geodetic research of accuracy of high-rise location of the bottom coat layer of the highway at different steps of leveling. *Omsk Scientific Bulletin*. 2012;1(108):239–245. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17945294> (accessed 21st March 2025). (In Russ., abstract in Eng.).
- 

**Information about the authors:**

**Liliia A. Pronina** — Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia,

e-mail: [la.pronina@omgau.org](mailto:la.pronina@omgau.org)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6727-3674>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=694220](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=694220)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57213687007>

**Natalia A. Parkhomenko** — Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia,

e-mail: [na.parkhomenko@omgau.org](mailto:na.parkhomenko@omgau.org)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5150-4685>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=404869](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=404869)

---

Submitted: 9th August 2025. Revised: 29th September 2025. Published online: 13th October 2025.