

---

---

**Раздел 3**

**Строительство**

УДК 69.056.33

**Е.В. СПИЧАК, П.И. ДУБАСОВ**

(Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан)

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ВЫСТАВОЧНОГО ЗАЛА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ  
В УСЛОВИЯХ Г. ПАВЛОДАР**

**Аннотация.** В данной статье приведены актуальность проблемы парковки автомобилей, обоснование проектирования и строительства выставочного зала легковых автомобилей в условиях города Павлодар. Описаны основные моменты комплексного проектирования торговых центров, актуальность проблемы парковки легковых автомобилей в крупных городах. Описано будущее место расположения, а также приведён перечень помещений проектируемого салона и зонирование территории на каждом этаже торгового центра с выделением мест для отдыха.

**Ключевые слова:** проектирование, торговый комплекс, маркетинговые исследования, выставочный павильон, легковой автомобиль, парковка, транспорт, г. Павлодар

Проектирование и строительство торговых комплексов, деловых объектов и складских помещений, а также проектирование многофункциональных комплексов требует высокой квалификации специалистов различного профиля.

Комплексный подход к созданию эффективных многофункциональных объектов предполагает подготовку бизнес-плана, включающего разработку концепции торгового комплекса с учетом его местоположения и индивидуальных особенностей, расчеты эффективности вариантов концепции, выбор оптимального решения, удовлетворяющего требованиям по эффективности инвестиций [1].

Маркетинговые исследования - первый важный шаг к выбору местоположения и разработке правильной концепции для выставочного павильона легковых автомобилей, а также основания для плана успешного стратегического развития.

Проектирование торговых комплексов, каковым и является выставочный павильон легковых автомобилей, предполагает, в том числе и планирование покупательских потоков, и создание наиболее комфортных эмоциональных условий для совершения покупок. Корректное проектирование комплекса призвано обеспечить максимальный комфорт для покупателей и удобные условия работы для арендаторов.

Комплексное проектирование торговых центров включает расчет и рекомендации в отношении материалов и технологий, которые обеспечат полноценную реализацию задуманной концепции объекта [2]. Поэтому специалисты высокого класса всегда изучают передовые технологии, дабы обеспечить оптимальное соответствие между ценой, качеством и концепцией будущего торгового комплекса.

Насколько прибыльным будет торговый центр, практически полностью определяется решениями, принятыми на этапе проектирования. Проектирование здания составляет лишь определенный процент от стоимости строительства, но оказывает весомое значение на последующие затраты по содержанию объекта после его открытия. Продуманный подход и качественное проектирование торговых комплексов способствуют весомой ежегодной экономии при обслуживании центра.

Эффективность объекта определяется еще на этапе проектирования комплекса, поэтому это важнейший этап при создании успешного инвестиционного проекта в сфере недвижимости.

Развитие городов нашей страны, осуществляемое в условиях ускоренного научно-технического прогресса, связано с решением ряда новых, сложных и многоплановых про-

### Раздел 3. «Строительство»

блем. Одной из них, привлекающей внимание не только специалистов, но и самых широких слоев общественности оказывающей возрастающее влияние на решение многих функциональных зон, проектов детальной планировки, застройки и облика современного города, является проблема массовой автомобилизации [3]. В последнее время в нашей стране весьма быстрыми темпами развивается парк легковых автомобилей, в том числе и частных автомобилей.

Актуальность проблемы парковки автомобилей в крупных городах в том числе и в Павлодаре не вызывает сомнений. Накоплен определенный опыт по их проектированию и возведению.

Оптимальная эксплуатация легковых автомобилей зависит не только от организации их движения и технического обслуживания, но и от условий постоянного (круглосуточного) и временного (возле отдельных объектов) хранения. В градостроительном плане проблема хранения автомобилей - одна из наименее изученных [4].

Следует учитывать растущую потребность в местах для стоянки автомобилей в жилых районах, в деловых и торговых центрах городов. В районах плотной застройки целесообразно предусматривать в торговых центрах подземной парковки, чтобы получить достаточное число мест для стоянки автомобилей, без нанесения ущерба жилью. Это же требование действительно при проведении мероприятий по реконструкции городов. Кроме того, необходимо обеспечить беспрепятственную связь неподвижного транспорта с уличной сетью.

Недостаток мест хранения ведет к трудностям движения транспорта по улицам. Задержки и заторы движущегося транспорта ведут к перебоям в деловой жизни. Поэтому строительство подземных гаражей в торговых центрах, имеет большое значение для развития всего города.

Салон по выставке и продаже автомобилей планируется расположить на центральной площади г. Павлодар, где в свободное время гуляют горожане. Со всех сторон территория ограничена существующей сеткой улиц – ул. Абая, ул. Достоевского и пр. Аль - Фараби. На прилегающей площади проходят различные городские праздники и мероприятия.

Расположение выставочного салона легковых автомобилей в центральном районе г. Павлодар вполне оправдано. Салон с подсобными помещениями, кафе-баром на 1-ом этаже, а также с административными помещениями, станет хорошим архитектурным акцентом в застройке центрального района.

Планируется обеспечить подъезд к центру любым видом транспорта: машина, городской транспорт. В близости от выбранного места расположены следующие объекты: автомобильная мойка, ремонтная мастерская, 9-ти этажные жилые дома с наземной стоянкой, кафе, супермаркет, гостиница для приезжих и т.д.

Применение в наружной отделке здания новых строительных материалов, применение остекления из тонированных стёкол и керамической черепицы создает неповторимый архитектурный облик [5].

Хорошее расположение здания, отсутствие рядом объектов, которые могут оказывать негативное влияние на его имидж, является главным в месторасположении здания [6].

Салон по выставке и продаже легковых автомобилей в городе Павлодар будет предназначен для обслуживания населения, и обеспечивает потребности населения в ремонте и покупке автомобилей, охраняемой стоянке.

Салон будет расположен на двух этажах комплекса, построенного по примеру больших автосалонов.

Салон будет включать следующие помещения: 1 этаж (отметка 0.000) - выставочный зал, венткамера, кафе-бар, помещения обслуживающего персонала, хозяйственные помещения, уборная для обслуживающего персонала, холл, гардероб, тамбур, помещение охраны, интернет-кафе, магазин игровых автоматов, общественная уборная; 2 этаж (отметка +3,900) - помещение заключения договоров и оплаты, бухгалтерия, конференц-зал, кафе-бар дирек-

### Раздел 3. «Строительство»

ции, 10 торговых помещений, венткамера, общественная уборная, приемная, директор, плановый отдел, экспозиционный зал. Степень огнестойкости – вторая.

Планируется зонирование территории на каждом этаже с выделением мест для отдыха-скемейки, питьевые фонтанчики и т.д.

Салон по выставке и продаже автомобилей удовлетворит потребность общества в приобретении продуктов и товаров народного потребления с созданием оптимальных условий для осуществления бизнеса своим клиентам при условии обеспечения роста прибыли собственникам салона.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Проектирование и строительство торговых центров и комплексов [Электронный ресурс] / СтройГрупп. – Электрон, дан. – Режим доступа: <http://stroy-grup.ru>, свободный.
- 2 Проектирование торговых центров и торгово-развлекательных комплексов [Электронный ресурс] / Архитектурное строительное проектирование и экспертиза, инфракрасное отопление. - Электрон, дан. – Режим доступа: <http://www.rossiarc.ru>, свободный.
- 3 Пак О.К. Ревитализация жилой среды массовой застройки // Вестник КГИУ. – Темиртау, 2016. - №1 (12). – С. 57-61.
- 4 Станция технического обслуживания легковых автомобилей [Электронный ресурс] / [refleader.ru](http://refleader.ru). - Электрон, дан. – Режим доступа: <http://refleader.ru>, свободный.
- 5 Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленного строительства. Справочник проектировщика. Под общ.ред. Г.И.Бердичевского. – М.: Стройиздат, 1981. – 489 с.
- 6 Туполев М.С. Конструкции гражданских зданий. – М.: Архитектура-С, 2007. – 242 с.

Е.В. Спичак, П.И. Дубасов

#### **Павлодар қаласының жағдайларында жеңіл автомобильдердің көрме залын құру мүмкіндігі**

**Аңдатпа.** Берілген мақалада Павлодар қаласының жағдайларында жеңіл автомобильдердің көрме залының жобалауының негізі және құрылысы, автомобильдерді көлік тұрағына қою мәселесінің өзектілігі келтірілген. Сауда орталықтарын кешенді жобалаудың негізгі белгілері, ірі қалалардағы жеңіл көліктерді орналастыру мәселелері сипатталған. Жобаланған салонның болашақ орналасу жері қарастырылған, оның бөлмелерінің тізімі және сауда орталығының әр қабатындағы аумақтарды демалыс орындарын қарастыра отырып бөлу келтірілген.

**Түйін сөздер:** жобалау, сауда кешені, маркетингтік зерттеулер, көрме залы, жеңіл автомобиль (жеңіл көлік), автотұрақ, көлік, Павлодар қ.

Y.V. Spichak, P.I. Dubasov

#### **Possibility of construction of show-room of passenger cars in the conditions of city Pavlodar**

**Abstract.** To this article actuality of problem of parking of cars, ground of planning and building of show-room of passenger cars, is driven in the conditions of city Pavlodar. The basic moments of the complex planning of shopping centers, actuality of problem of parking of passenger cars are described in metropolises. The future place of location is described, and also a list over of apartments of the designed salon is brought and zoning of territory on every floor of shopping center with the selection of places for rest.

**Key words:** planning, trade complex, marketing researches, exhibition pavilion, passenger car, parking, transport, city Pavlodar.

УДК 624.154

А.В. ФИЛАТОВ, О.Н. ЛЕЛИКОВА, О.Н. ОНИЩЕНКО, Г.А. ТУЛЕУТАЕВА,  
Д.Р. БАЙТУЛЕНГУТОВА

(Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ФУНДАМЕНТОВ ТИПА КОРОТКИХ СВАЙ  
НА ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ**

**Аннотация.** Для обоснованного метода расчета необходимо исследовать картину взаимодействия фундамента с грунтом, знать распределение напряжений по контактным поверхностям фундамента при действии горизонтальной нагрузки, а также характер деформаций основания вплоть до его разрушения.

Теоретическое решение вопроса представляет большие трудности ввиду сложности явлений, сопровождающих работу грунта. Поэтому в настоящей работе избран экспериментально – теоретический путь, заключающийся в проведении таких экспериментов, которыми можно было бы подтвердить основные теоретические положения.

**Ключевые слова:** свая, фундамент, грунт, горизонтальное перемещение, деформация, подрабатываемая территория, свайный фундамент.

Как показывает мировой опыт строительства, большинство аварий построенных зданий и сооружений связано с ошибочным проектированием при возведении фундаментов и устройств оснований. В период эксплуатации данных объектов грунтами основания накапливаются достаточные деформации. В среднем стоимость фундаментов составляет 12% от стоимости строительства, а в сложных инженерно геологических условиях может достигать 20-30 % и более. Поэтому, при проектировании необходимо уметь принимать абсолютно обоснованные и экономически выгодные конструктивные решения фундаментов.

За последние годы многие научные работники в контакте со специалистами проектных и строительных организаций провели большой объем экспериментальных и теоретических исследований в применении свай в различных грунтовых условиях, и разработали новые методы расчета и проектирования свайных фундаментов.

Однако во многих случаях проекты свайных фундаментов выполняются с большим запасом, часто недоиспользуется несущая способность свай, а замеренная осадка, как правило, значительно меньше допускаемой нагрузки для зданий и сооружений. Что обусловлено существованием неиспользованных резервов в несущей способности свайных фундаментов, которые снижают экономическую эффективность их применения, и актуальность дальнейших экспериментальных и теоретических исследований в области современного фундаментостроения [1].

В строительстве все чаще получают распространение фундаменты типа коротких свай. Особенно эффективно их применение при возведении легких зданий и сооружений: опоры контактной сети и линий электропередач, фундаменты под опоры трубопроводов и эстакад, свайные анкера фундаментов малоэтажных зданий и сооружений и т.д. Намеченная программа разработки высокоэффективных средств устройства свайных фундаментов также создает предпосылки для еще более широкого их применения.

Расчет фундаментов на горизонтальную нагрузку изложенных в трудах многих ученых бывшего союза (Д.В. Ангельский [2], Н.И. Безухов [3], В.Г. Березанцев [4], Г.И. Глушков [6], В.Н. Голубков [7], Н.В. Лалетин [8], Л.В. Мазуренко [9], В.С. Миронов [10], И.Ф. Разоренов [11], Н.К. Снитко [12], А.С. Строганов [13], В.Б. Шахирев [14] и др.), и зарубежных исследо-

### Раздел 3. «Строительство»

вателей (BrinchHansen [15], Karthigeyan, S. [16], ReeseL. C. [17] и др.) приводит к различным результатам, которые отличаются друг от друга и часто не совпадают с экспериментальными данными.

В основу одних существующих методов расчета на горизонтально нагруженных защемленных в грунте фундаментах по перемещению положена теория местных упругих деформаций, других – теория упругого линейно-деформируемого полупространства, а в основу определения несущей способности фундамента положены представления о признаках выпирания по Кулону, которые с некоторыми поправками переносятся из условий плоской задачи в пространственную. Несмотря на значительные упрощения, положенные в основу расчета, окончательные формулы сложны и, главное, не позволяют определять перемещения, без которых нельзя рассмотреть второе предельное состояние, имеющее в большинстве случаев главенствующее значение. Кроме того, расчетные схемы, в которых предполагается наличие больших призм выпора по теории Кулона, не подтверждаются экспериментальными исследованиями Г.К. Гольста, Н.В. Лалетина, А.С. Строганова и др.

Основным материалом для построения и проверки теорий расчета горизонтально нагруженных фундаментов является опытное распределение реактивных давлений грунта по контактными поверхностям фундамента, что отражает лишь качественную сторону взаимодействия свай с грунтом, т.к. применяемые в исследованиях «точечные» датчики в силу влияния неоднородности контакта с грунтом, сводообразования грунта над датчиками дают большие погрешности в измерениях давления [5].

Все существующие методы расчета заземленных в грунте фундаментов типа свай на горизонтальную нагрузку можно разделить на две группы. К первой группе относятся все расчеты фундаментов на устойчивость (по первому предельному состоянию), в основу которых взяты различные схемы разрушения основания. Ко второй группе методов относятся расчеты фундаментов по перемещениям (по второму предельному состоянию), которые по существу основаны на различных моделях грунтового основания.

Большинство существующих методов расчета фундаментов по первому предельному состоянию базируется на теории Кулона. Предполагается, что горизонтальная сила поворачивает фундамент вокруг некоторого центра, расположенного на глубине  $2/3h$ , где  $h$  – глубина заземления, а в предельном состоянии образуется кривизна выпирания грунта высотой  $h$ .

Распределение реактивного давления грунта по контактной поверхности принимают по закону треугольника или параболы. В том и другом случае ставится условие, чтобы заданная эпюра реактивных давлений грунта не выходила за линию предельного сопротивления грунта, которая следует из теории Кулона. При этом относительно величины сопротивления грунта, возникающего в результате поворота свай, существует два мнения. Одни авторы (И.П. Прокофьев, Г. Край, Э. Ломейер, И.В. Урбан и др.) считают необходимым определять сопротивление грунта по граням фундамента с учетом активного и пассивного давления грунта.

$$P_n = \gamma \cdot Z \left[ \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) - \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (1)$$

где  $P_n$  – реактивное давление грунта на фундамент;

$\gamma$  – объемный вес грунта;

$Z$  – глубина;

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта.

Другие авторы (Н.В. Лалетин, В.Г. Березенцев, А.В. Паталеев и др.) не учитывают активное давление грунта на фундамент, а вводят в расчет только пассивное давление грунта:

### Раздел 3. «Строительство»

$$P_n = \gamma \cdot Z \left[ \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (2)$$

Напряжения в уровне подошвы фундамента не должны принимать напряжений, вычисленных по формулам (1) или (2).

Исходя из этого условия, определяют необходимую глубину заложения фундамента  $h$  при известной горизонтальной силе  $P$  или допускаемую горизонтальную нагрузку на фундамент при заданной глубине заложения.

Вторая группа методов расчета фундаментов – по перемещениям – основана на применении теории местных упругих деформаций (теории Винклера) с коэффициентом постели, изменяющимся с глубиной по тому или иному закону.

Одни авторы (Г. Крей и К. Ханси принимают коэффициент постели « $K$ » постоянным, другие – изменяющимся по глубине. Причем, И.П. Прокофьев, Н.В. Лалетин и другие) предлагают принимать « $K$ » изменяющимся по линейному закону, В.Б. Шахирев, В.С. Миронов и другие – по криволинейному. Д.В. Ангельский принимает его возрастающим с глубиной по закону прямой до первой точки нулевых перемещений сваи, а ниже – постоянным. С.П. Горбатов считает « $K$ » резко возрастающим до некоторой глубины (зона пластических деформаций), а затем постоянным. Соответствующий вид будет иметь и эпюра напряжений в грунте, так как

$$\sigma_h = k_h \cdot u_k, \quad (3)$$

где  $\sigma_h$  – напряжение в грунте на глубине  $h$ ;

$k_h$  – коэффициент постели;

$u_k$  – горизонтальное перемещение на глубине  $h$ .

Предлагая считать коэффициент постели постоянным, К. Хайси говорит, что этим предложением вносится большая неточность, которая может быть допущена лишь в исключительных случаях.

Большинство методов расчета горизонтально нагруженных фундаментов основано на применении коэффициента постели, изменяющегося с глубиной по закону гидростатического давления.

$$K = \frac{K_h}{h} h_i \beta, \quad (4)$$

где  $K_h$  – коэффициент постели на глубине  $h$  при действии вертикальной нагрузки;

$\beta$  – коэффициент перехода от испытания грунта вертикальной нагрузкой к горизонтальной.

Коэффициент постели зависит как от размеров контактной поверхности фундамента, так и от контактных напряжений и степени развития в грунте пластических деформаций. При расчете фундаментов сооружений, которые не допускают остаточных смещений, рекомендуется подбирать так, чтобы кривая, очерчивающая эпюру действительных напряжений, лежала в пределах, ограниченных прямой. В таком случае работа грунта проходит в упругой стадии. Получаемые при этом допускаемые величины горизонтальных сил оказываются очень заниженными в сравнении с экспериментальными данными.

Теория метода коэффициента постели не подтверждается многочисленными опытами. Прежде всего, по этой теории деформация может быть только там, где приложена нагрузка. Между тем, общеизвестно, что деформация всегда наблюдается и за пределами нагруженно-

### Раздел 3. «Строительство»

го участка. Кроме того, деформация конструкций, имеющих неожиданную площадь контактной поверхности, различна для одного и того же грунта при одном и том же единичном давлении. Иными словами, коэффициент постели является условной величиной, зависящей от размеров и формы рассчитываемой конструкции, и поэтому не имеющей физического смысла.

Однако в ряде случаев решения по теории местных упругих деформаций с коэффициентом постели, изменяющимся с глубиной, могут мало отличаться от опытных данных испытания фундаментов на горизонтальную нагрузку. Так, например, М.И. Горбунов-Посадов считает, что при правильном выборе коэффициентов постели и по теории упругого полупространства приводит в большинстве случаев почти к одинаковым результатам. В частности, это относится и к расчету заглубленных фундаментов типа свай.

В настоящее время для решения многих практических задач в механике грунтов применяется теория общих упругих деформаций или так называемая теория линейно-деформируемого полупространства. Эта теория свободна от недостатков метода коэффициента постели. В частности, она учитывает упругие перемещения не только точек в месте приложения внешней нагрузки, но и точек, лежащих вне ее, и в какой-то степени лучше отражает характер работы грунтов как оснований зданий и сооружений. В расчетах принимается вместо коэффициента постели модуль деформации, изменяющийся с глубиной по тому или иному закону.

В методе Б.Н. Жемочкина эпюры направления в грунте, а также деформации получены в результате решения уравнений теории упругости при постоянном значении модуля деформации. Наибольшие напряжения сжатия в грунте по этому методу получаются у поверхности грунта. Однако, экспериментальные данные В.С. Миронова и других авторов говорят о том, что у поверхности сыпучего грунта сопротивление его равно нулю, так как здесь деформации сдвигов преобладают над деформациями уплотнения. Следовательно, напряжения у поверхности грунта должны быть равны нулю, а это можно получить лишь при нулевом значении модуля деформации в этой точке грунта.

Как показали опыты В.Н. Голубкова, при незначительной нагрузке точка, где перемещения равны нулю, находится близко от поверхности грунта. С увеличением же нагрузки, вследствие развития деформации грунта эта точка перемещается вниз. Диапазон ее перемещений достаточно велик: от 0,2 до 1,5 м. К аналогичным выводам пришел в своих экспериментах и В.Б. Шахирев.

Опыты Р.М. Нарбута также показали, что мгновенный центр поворота понижается с увеличением горизонтальной нагрузки, и изменяется в довольно широких пределах в зависимости от величины относительного заглубления и угла наклона фундамента.

Отсюда острая необходимость в детальном исследовании работы фундаментов типа коротких свай при действии горизонтальных нагрузок.

Для определения несущей способности свай под воздействием горизонтальных нагрузок было испытано около 60 буронабивных и 30 набивных свай в грунтовых условиях региона строительства.

Буронабивные сваи выполнялись из бетона класса В20 и армировались на всю длину ствола пространственными каркасами из шести арматурных стержней диаметром 18 мм периодического профиля. Испытания проводились на двух сваях одновременно (враспор) до разрушающей нагрузки.

Осмотр всех испытанных свай после откопки показал, что большинство имело излом ствола на расстоянии 0,6-1,0 м от планировочной отметки. Вблизи характерного излома ствола сваи располагались горизонтальные трещины, ширина раскрытия которых постепенно уменьшалась в зависимости от расстояния.

В первую серию испытаний входила группа из 34 свай одинаковой длины 5 м, но с различными диаметрами ствола – 0,3; 0,4; 0,45; 0,5 м. На рисунке 1 приведены наиболее характерные зависимости горизонтальных перемещений свай от действующей нагрузки.





### Раздел 3. «Строительство»

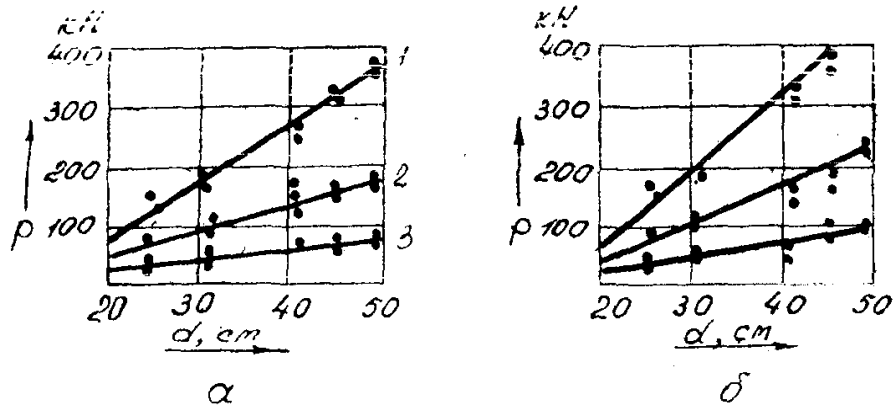


Рисунок 2. Зависимость  $P=f(d)$  при различных значениях текучести глинистого грунта (1 –  $I_L < 0$ ; 2 –  $I_L = 0,2$ ; 3 –  $I_L = 0,6$ ) и перемещениях ( $a$  – 1 см,  $b$  – 2 см)

При  $I_L \leq 0$  увеличение длины свай начиная с 3 м не повышает их сопротивляемости горизонтальной нагрузке. В этом случае зависимость  $P=f(L)$  имеет смысл при  $L/d < 6$ , где  $L$  – длина,  $d$  – диаметр ствола сваи. При  $0,25 < I_L < 0,6$  увеличение длины свай не повышает их сопротивляемости горизонтальной нагрузке после достижения величины  $L/d = 11$ .

Расчет буронабивных свай, работающих на горизонтальную нагрузку, рекомендуется выполнять по формуле:

$$H \leq \beta \cdot F_d, \quad (5)$$

где  $H$  – расчетное значение горизонтальной силы, передающейся на сваю, кН;

$F_d$  – несущая способность набивной сваи, принимаемая по данным таблицы 1, кН;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий влияние фактора времени, равный 0,8 при действии постоянных горизонтальных нагрузок и 1,0 при действии кратковременных нагрузок.

При определении максимального изгибающего момента в сечении горизонтально нагруженных свай и проверке их поперечного сечения существенное значение имеет учет интенсивности распределения реактивных давлений грунта по боковой поверхности свай.

Таблица 1 – Несущая способность набивных свай (кН) при  $\Delta = 1$  см

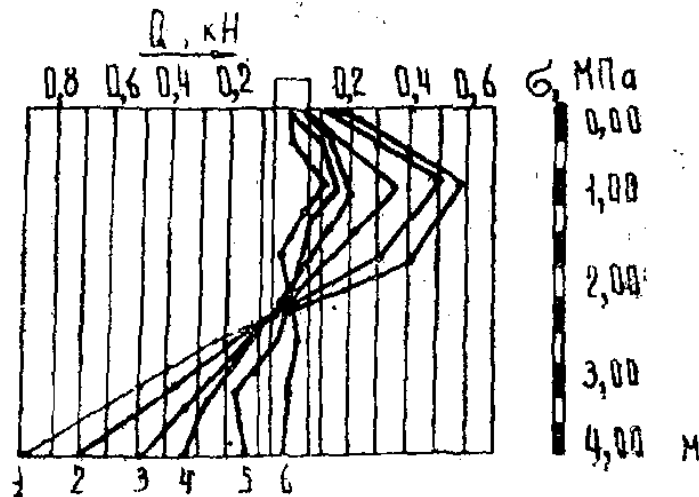
Диаметр ствола сваи, м	Несущая способность при $I_L$				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,3	80	70	59	50	39
0,35	96	84	72	60	49
0,4	112	101	86	74	59
0,45	130	114	100	85	69
0,5	146	129	112	96	78
0,55	164	144	126	108	89
0,6	180	159	140	119	98

Для изучения характера распределения и величины реактивного давления грунта по передней и задней поверхностям коротких буронабивных свай ( $L/d = 10-12$ ) в процессе возрастания горизонтальной нагрузки была проведена специальная серия испытаний. Напряжения измерялись тензометрическими преобразователями давлений (мессодозы) конструкции ЦНИИСК.

### Раздел 3. «Строительство»

Месдозы устанавливались в пробуренную скважину диаметром 550 мм, глубиной 425 см через 250 мм с диаметрально противоположных сторон. Армирование сваи выполнялось пространственным каркасом из шести стержней диаметром 14 мм периодического профиля. Бетонирование проводилось смесью литой консистенции класса В20. Глинистый грунт имел следующие физико-механические свойства: удельный вес  $\gamma = 19,5 \text{ кН/м}^3$ ; удельный вес твердых частиц  $\gamma_s = 26,4 \text{ кН/м}^3$ ; влажность  $\omega = 9,8 \%$ ; пластичность  $I_p = 18,6 \%$ ; текучесть  $I_L = 0,3$ ; коэффициент пористости  $e = 0,62$ ; угол внутреннего трения  $\varphi = 24^\circ$ ; удельное сцепление;  $C = 0,02 \text{ МПа}$ ; модуль деформации  $E = 12,8 \text{ МПа}$ .

В результате обработки экспериментальных, данных были построены эпюры распределения реактивного давления грунта по боковой поверхности сваи (рисунок 3).



1 – 180; 2 – 160; 3 – 120; 4 – 60; 5 – 40; 6 – 20

Рисунок 3. Эпюры реактивного давления ( $\sigma$ , МПа) глинистого грунта на боковую поверхность буронабивной сваи длиной 425 см от горизонтальной нагрузки ( $Q$ , кН)

Исследования работы жесткой сваи при действии горизонтальной нагрузки показали, что эпюра реактивного давления грунта на всех ступенях нагрузки, включая предельную, имеет криволинейное очертание. Максимальная ордината эпюры расположена на уровне нижнего конца сваи. Нулевая точка расположена примерно на расстоянии  $2/3$  от планировочной отметки. Напряжения со стороны задней грани сваи примерно в 1,5-2,0 раза выше напряжений со стороны передней грани при одной и той же нагрузке. Максимальные значения реактивных давлений превышают давление, определяемое по Кулону, примерно в 6-8 раз.

В лабораторных условиях были проведены статические испытания свай из различных материалов при горизонтальных нагрузках, имевшие целью установить характер распределения реактивного давления грунта, а также деформаций ствола при различных погонных жесткостях свай. Испытывались железобетонные, металлические и деревянные сваи в песчаном грунте (рисунок 4).

Интенсивность распределения реактивного давления грунта представляет собой среднее значение из 10-12 опытов с каждой свайей. Результаты измерений при повторных испытаниях отличались на 8-14 %.

С помощью экспериментально полученных эпюр реактивного давления грунта удалось проверить условия статического равновесия сваи, нагруженной внешней горизонтальной силой без учета касательных сил по боковым поверхностям. При этом ствол сваи разбивался на участки длиной не более 5 см, в пределах которых площадь криволинейной эпюры реактив-

### Раздел 3. «Строительство»

ного давления заменялась площадью прямолинейной трапеции.



Рисунок 4. Экспериментальные исследования свай на горизонтальную нагрузку

Были проверены следующие условия статики:

– сумма проекций всех сил на горизонталь:

$$d \int_0^l \sigma(y) dx = Q, \quad d \int_0^l \sigma_y dx = Q; \quad (6)$$

– сумма моментов относительно верхнего и нижнего конца сваи:

$$d \int_0^l y \sigma(y) dx + Qy = 0. \quad (7)$$

Сумма моментов относительно точки, в которой реактивное давление меняет знак на противоположный, показала, что ни одно из указанных условий статики не было удовлетворительным.

В проведенных экспериментах испытания свай заканчивали, когда горизонтальное перемещение их в грунте достигало 20-25 мм. В целях выявления характера трещинообразования железобетонные сваи, как правило, доводились до разрушения.

После испытания и откопки железобетонные сваи тщательно осматривались, отмечалось место излома и замерялась остаточная величина раскрытия трещин. Для этой цели использовали микроскоп с 24-кратным увеличением.

Опыты показали, что место излома железобетонных свай и глубина расположения трещин находятся в пределах 3-4 d от поверхности грунта (d – ширина сечения сваи). Остаточная величина раскрытия трещин составила 0,2-0,3 мм, а расстояние между трещинами равнялось (0,7-0,9) d.

Проведенные исследования работы железобетонных, металлических и деревянных свай, воспринимающих горизонтальные нагрузки, позволяют сделать следующие выводы:

– с увеличением нагрузки на сваю нулевая точка, в которой меняется знак эпюры реактивного давления грунта, смещается в сторону нижнего конца сваи;

– реактивные давления грунта и горизонтальные смещения верхнего конца при одинаковых горизонтальных нагрузках выше для свай с меньшим значением погонной жесткости.

Для одних и тех же грунтовых условий характер работы свай во многом определяется их жесткостью EI (E – модуль деформации материала ствола сваи; I – момент инерции поперечного сечения сваи). Сваи с  $EI = 2150 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$  под действием внешней горизонтальной силы поворачивались в грунте вокруг нулевой точки эпюры напряжений, сваи с  $EI < 73 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$  изгибались, сваи с  $73 < EI < 1000 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$ , изгибаясь, поворачивались в грунте вокруг нулевой точки.

Условия статического равновесия сваи, нагруженной внешней горизонтальной силой и реактивным давлением грунта по контактными поверхностям, не удовлетворяются на 40% и

### Раздел 3. «Строительство»

более. Это свидетельствует о существенной доле касательных сил (сил трения) по боковым поверхностям сваи в суммарном реактивном давлении грунта. Следовательно, необходимо выявить активность распределения касательных сил по боковым поверхностям в целях введения их в общую формулу расчета поведения одиночных свай под действием горизонтальных нагрузок.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Алексеев В.М. К вопросу о расчете пирамидальных свай на горизонтальные нагрузки. Г. А. Липсон, Ю. А. Митриенко. Исследование рациональных конструкций фундаментов // межвуз. сб. науч. тр. ВИСИ. – Воронеж, 1984.-С. 17-24.
- 2 Д.В. Ангельский. К расчету свайных оснований на горизонтальные нагрузки. Д. В. Ангельский // Труды МАДИ. М. Л., 1937. - Вып. 7. - С. 41-49.
- 3 Н.И. Безухов. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. Н. Н. Безухов М.: Высш.школа, 1961. 537с.
- 4 В.Г. Березанцев. Расчет одиночных свай и свайных кустов на действие горизонтальных сил. В. Г. Березанцев // Сб.тр.ЛИИЖТа, вып. 136. Теоретический. -М., Гострансжелдориздат, 1947. С. 62-78.
- 5 Братанчук А.И. Исследование и внедрение свайных фундаментов при строительстве на подрабатываемых территориях. Сб. "Вопросы защиты зданий и сооружений от влияния горных выработок", строительство и защиты зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. - Л., 1982, с. 84-89.
- 6 Г.И. Глушков. Расчет сооружений, заглубленных в грунт. М.: Стройиздат, 1977. - 295 с.
- 7 В.Н. Голубков. Экспериментальные исследования работы свай на горизонтальную нагрузку. В.Н. Голубков. Сб. тр. НИИ. М., Стройвоенмориздат, 1948. № 11. - С. 5-34.
- 8 Н.В. Лалетин. Расчет свайных анкеров на действие горизонтальной силы. Н.В. Лалетин. Теории сооружений и конструкций // Труды Воронеж, инж.-стр. института. Воронеж, 1964. – № 10, вып. 1.-С. 119-133.
- 9 Л.В. Мазуренко. Расчет одиночных свай на действие горизонтальных нагрузок. Л.В. Мазуренко, Д.А. Шварцман // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1967. № 2. - С. 35-38.
- 10 В.С. Миронов. О методе расчета свай на горизонтальные нагрузки. В.В. Миронов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1971. -№ 1.-С. 15-17.
- 11 И.Ф. Разоренов. Экспериментальные исследования устойчивости одиночных фундаментов при действии горизонтальной нагрузки // Труды ВНИИ жел. дор. стр-ва и проектирования, вып. 13, 1955.
- 12 Н.К. Снитко, Снитко А.Н. Расчет жестких и гибких опор, заземленных в грунт, при одновременном действии горизонтальных и вертикальных сил. Основания, фундаменты и механика грунтов. - М.: 1967. №3.- с. 1-3.
- 13 А.С. Строганов. Теоретические и экспериментальные исследования работы длинных одиночных свай на горизонтальную нагрузку. А.С. Строганов // Информационные материалы. ВОДГЕО. М., 1953. № 4. -80с.
- 14 В.Б. Шахирев. Новый метод расчета коротких жестких свай на горизонтальную нагрузку. В.Б. Шахирев // Строительство и архитектура, Белоруссии. 1987. № 1. - С. 35-36.
- 15 Briaud, J.-L., and Smith, T. D. (1983). "Using the pressuremeter curve to design laterally loaded piles." Proc., 15th Offshore Technology Conf, Houston, Paper 4501, 495-502.
- 16 Karthigeyan, S., V.V.G.S.T. Ramakrishna and K. Rajagopal, 2007. "Numerical Investigation of the effect of vertical load on the lateral response of piles". J. Geotech. Geoenviron. Eng. ASCE., 133 (5), pp. 512-521.
- 17 ReeseL. C., Cox, W. R., and Koop, F. D. (1974). "Analysis of laterally loaded piles in

sand." Proc., 6th Offshore Technology Conf., Vol. 2, Houston, 473-483.

А.В. Филатов, О.Н. Леликова, О.Н. Онищенко, Г.А. Тулеутаева, Д.Р. Байтуленгутова

#### **Қысқа свай текті іргетастардың көлденең жүктемелерге әсер ету жұмысын зерттеу**

**Андапта.** Негізді есептеу әдісі үшін іргетастың топырақпен әрекеттесу суреттемелерін зерттеу қажет, көлденең жүктеменің әсері барысындағы іргетастың жанасу беттері бойынша кернеулердің таралуын білу керек, сонымен қатар негіздердің деформациялануын олардың тіпті қирауына дейін білу керек.

Теориялық мәселені шешу топырақ жұмыстарымен бірге жүретін құбылыстардың күрделіліктеріне байланысты үлкен қиындықтар тудырады. Сондықтан осы жұмыста негізгі теориялық ережелерді растай алатындай іс – тәжірибелерді жүргізетін эксперименталды - теориялық жол таңдалды.

**Түйін сөздер:** свай, іргетас, топырақ, көлденең орын ауыстыруы, деформация, өңделетін аумақ, бағаналы іргетас.

A. Filatov, O. Lelikova, O. Onishchenko, G. Tuleutayeva, D. Bytelengutova

#### **Research of work of foundations of type of short piles on horizontal loading**

**Abstract.** For the reasonable method of calculation it is necessary to investigate the picture of cooperation of foundation with soil, to know distribution of tensions on the pin surfaces of foundation at the action of the horizontal loading, and also character of deformations of founding up to his destruction.

The theoretical decision of question presents large difficulties because of complication of the phenomena, accompanying work of soil. Therefore in the real work select experimentally is a theoretical way, consisting in realization of such experiments it was possible that to confirm substantive theoretical provisions.

**Key words:** pile, foundation, soil, horizontal moving, deformation, earned additionally territory, pile foundation.