

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №2, Том 14 / 2022, No 2, Vol 14 <https://esj.today/issue-2-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/25SAVN222.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Токар, Н. И. Совершенствование конструкции и технологии строительства сейсмостойких опор зданий и сооружений на фундаментных плитах с компенсаторами / Н. И. Токар, В. А. Ильичёв, Т. И. Левкович // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/25SAVN222.pdf>

For citation:

Tokar N.I., Ilyichev V.A., Levkovich T.I. Improving the design and construction technology of earthquake-resistant supports of buildings and structures on foundation slabs with compensators. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(2): 25SAVN222. Available at: <https://esj.today/PDF/25SAVN222.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.15; 692.115

ГРНТИ 67.09.29

Токар Николай Иванович

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: nikolay_tokar@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-6111>

Ильичёв Владлен Анатольевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ilichevasvi@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0995-9261>

Левкович Татьяна Ивановна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: tilevkovich@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-8114>

**Совершенствование конструкции и технологии
строительства сейсмостойких опор зданий и сооружений
на фундаментных плитах с компенсаторами**

Аннотация. В статье приведены решения по совершенствованию конструкции сейсмостойких опор зданий и сооружений на фундаментных плитах с компенсаторами, устраиваемых, в том числе, в условиях плотной застройки, повышенных динамических нагрузок, в сейсмоопасных районах и на грунтах, где возможна большая осадка в процессе эксплуатации. Предлагаемая конструкция позволит сократить трудоемкости и материалоемкости производства работ, улучшить восприятие изгибающих и динамических нагрузок, появятся возможности регулирования высоты верхней опорной плиты с целью компенсации осадки фундамента в процессе эксплуатации.

Это достигается тем, что в предварительно напряженном фундаменте мелкого заложения, образованном верхней опорной плитой, нижней опорной плитой, опирающейся на грунтовое основание, между нижней и верхней опорными плитами расположены

гидродомкраты, которые соединены с плитами с помощью верхних и нижних шаровых опор, заделанных в опорные плиты и напряжены суммарным усилием равным или несколько большим веса возводимого сооружения, с помощью дренажных трубок и регулирующего устройства золотникового типа. Для обеспечения жёсткости конструкции верхние опорные плиты объединены сборной рамной конструкцией.

Ключевые слова: фундамент мелкого заложения; фундаментные плиты; шаровая опора; гидродомкрат; здания; производственные сооружения; транспортные сооружения; съёмные рабочие органы экскаватора

Введение

С каждым годом возрастает разнообразие видов фундаментов инженерных сооружений, что ведёт к актуализации применения универсальных фундаментов на компенсаторах. На кафедре автомобильных дорог Брянского инженерно-технологического университета в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Повышение эффективности капитального ремонта железобетонного путепровода на участке Орёл — Брянск автомобильной дороги Орёл — Смоленск в Карачевском районе Брянской области с применением фундаментных плит с компенсаторами» выполнена модель исследуемого железобетонного моста в масштабе 1:25, приведённая на рисунке 1 для определения коэффициента поперечной установки для нормативных нагрузок, действующих на упругие фундаменты.



Рисунок 1. Модель путепровода с упругими фундаментами (разработана авторами)

Железобетонный путепровод имеет пять пролётов, длиной по 6 метров, которые опираются на четыре свайные промежуточные опоры и две береговые на свайных фундаментах.

Промежуточные опоры состоят из свай, объединённых внизу ростверком-кондуктором, а вверху сборно-монолитной насадкой с опорными частями в виде металлических листов.

Железобетонный путепровод имеет балочно-разрезную статическую схему, ширину ездового полотна 8 метров и два тротуара по одному метру. Ездовое полотно состоит из проезжей части шириной 7 метров и двух полос безопасности общей шириной 1 метр. На модели путепровода видны фундаментные блоки плитного типа.

Фундаменты мелкого заложения, как правило, применяют для зданий, производственных и транспортных сооружений, в частности опор путепроводов, эстакад и городских мостов при глубоком расположении уровня грунтовых вод (УГВ) и наличии скальных крупнообломочных и песчаных грунтов, непросадочных глинистых грунтов на глубине 4...6 м от дневной поверхности. В сейсмостойких зданиях фундаменты мелкого заложения должны быть оборудованы компенсаторами [1].

При возникновении динамических нагрузок в таких грунтах появляются неравномерные деформации зданий и сооружений. Поэтому возникает необходимость в регулировании осадки оснований за счёт конструкции фундаментных плит с компенсаторами.

Известно основание со стойким составным покрытием из полимеров, для повышения эффективности работы основания под воздействием различных нагрузок [2].

Статическая нагрузка создается за счет устройства временной насыпи на месте проектируемого сооружения, при этом суммарный вес насыпи несколько больше веса сооружения, за счет чего поровая вода выдавливается через специальные дрены. Аналитические и графические методы установления интервалов давлений на грунт до минимизации последующих деформаций изложены в работе И.И. Сахарова «Некоторые особенности регулирования осадок линейных сооружений, возводимых на слабых грунтах, обладающих ползучестью» [3].

Недостатком глубинного уплотнения грунтов статическими нагрузками с вертикальным дренированием является потребность в больших объемах грунта для создания насыпей и песчаных дрен [4].

Помимо этого, после снятия временной вертикальной нагрузки до начала строительства наземного сооружения возможны неравномерные деформации основания и фундамента из-за обратной ползучести грунтового основания [5].

К недостаткам указанного класса конструкций, прежде всего, следует отнести большую материалоемкость и трудоемкость. «Слабым местом» сейсмостойких фундаментов мелкого заложения является малая приспособленность к компенсации осадки основания [6].

Концепция проектирования сейсмостойких опор на фундаментных плитах с компенсаторами требует совершенствования и предусматривает:

- разработку методологии организационно-технологического проектирования;
- использование методов и информационных технологий моделирования и исследования условий и параметров объектов проектирования с целью определения текущих значений технико-экономических параметров, мониторинга динамики их изменения;
- включения этих методов и моделей в состав информационных технологий организации производства работ на объекты проектирования.

Происходящие изменения диктуют необходимость коренного преобразования систем проектирования новых фундаментов с компенсаторами. Строительное производство отличается от прочих более низкой степенью интеграции материальных и информационных процессов, объясняющихся отсутствием однозначных и жестких связей между различными составляющими. На основе повышения степени этой интеграции и возможно повышение

степени гибкости технологий строительства новых конструкций фундаментов через многовариантность проектирования, автоматизацию оперативного управления технологическими процессами на объекте.

В то же время для повышения экономической эффективности выполнения технологических процессов строительства новых конструкций фундаментов необходима организация работ в рамках комплексной механизации и поэтому требуется решение многих сложных научных и инженерных проблем:

- завершение механизации трудоемких работ;
- совершенствование системы машин;
- повышение коэффициента использования техники;
- повышения эксплуатационной надежности и долговечности машин;
- увеличения производительности;
- разработки методики прогнозирования эффективности применения нового оборудования и машин и др.

Анализ состояния проблемы. Постановка цели, определение задач

Для повышения устойчивости сейсмостойких опор на фундаментных плитах с компенсаторами разработаны конструкции: теплоизоляционного фундамента¹, фундаментов-оболочек², ребристого фундамента с верхней и нижней плитами³, сетчатого фундамента⁴, теплоизолированного фундамента с компенсаторами⁵, фундамента с горизонтальным армированием⁶, замкового сборного фундамента⁷, мембранного фундамента⁸, плитно-рамного фундамента⁹, опор из трапецеидальных плит¹⁰.

¹ Thermal insulation foundation / Patent of the Russian Federation. RU2423057 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/242/2423057.html>.

² Shell foundation for buildings and structures / RF Patent. RU2393297 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/239/2393297.html>.

³ Ribbed shallow foundation with upper and lower slabs / Patent of the Russian Federation. RU2385994 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/238/2385994.html>.

⁴ Mesh foundation of shallow laying / Patent of the Russian Federation. RU2380486 CI, E02D27/01 — foundations of shallow laying. <https://findpatent.ru/patent/238/2380486.html>.

⁵ Insulated foundation / Patent of the Russian Federation. RU2357044 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/235/2357044.html>.

⁶ Foundation with horizontal reinforcement with precast reinforced concrete elements / Patent RF. RU2344232 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/234/2344232.html>.

⁷ Lock prefabricated ribbon foundation / Patent of the Russian Federation. RU2477770 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/247/2477770.html>.

⁸ Membrane foundation / RF Patent. RU2491386 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/249/2496943.html>.

⁹ Slab-frame foundation for low-rise construction on weak soils/ Patent of the Russian Federation. RU2496943 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/249/2496943.html>.

¹⁰ Prefabricated foundation of trapezoidal slabs / Patent of the Russian Federation. RU2541963 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/254/2541963.html>.

Как было отмечено ранее, «слабым местом» сейсмостойких опор с плитными блоками является малая приспособленность к компенсации осадки основания.

Для решения этой проблемы учеными Российской Федерации разработаны следующие конструкции сейсмостойких опор с компенсаторами. Например, предложена конструкция плитного фундамента на пучинистых грунтах¹¹. Изобретение может применяться при строительстве зданий и сооружений на оползневых склонах, а также в транспортном строительстве, как фундамент для эстакад и путепроводов при повышенных динамических нагрузках.

Армирование производится забивкой армирующих элементов-компенсаторов в основание.

Вместе с тем армирующие элементы выполняют только роль косвенной арматуры, их устройство требует больших трудозатрат и значительной материалоемкости.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является патент на изобретение¹². Представленная в изобретении опора на фундаментных плитах позволяет минимизировать деформации грунтового основания в процессе строительства и эксплуатации наземного сооружения и полностью исключить деформации оснований и строительных конструкций близ расположенных зданий и сооружений.

К недостаткам данной конструкции следует отнести повышенную металлоёмкость и трудоемкость из-за использования грунтовых анкеров и относительно большую глубину котлована.

Целью исследования являлось совершенствование конструкции опорных элементов фундаментов зданий и сооружений, в частности, путепроводов и эстакад, устраиваемых, в том числе, в условиях плотной застройки, повышенных динамических нагрузок, в сейсмоопасных районах и на грунтах, где возможна большая осадка в процессе эксплуатации.

Авторами статьи поставлена задача по разработке конструкции сейсмостойких опор на фундаментных плитах с гидравлическими компенсаторами, которая позволила бы минимизировать деформации в процессе строительства и эксплуатации наземного сооружения и полностью исключить деформации верхних плит фундаментов зданий и сооружений, повысить сейсмостойкость, а также сократить трудоёмкость и материалоемкость производства работ, за счет отсутствия грунтовых анкеров, минимизации глубины котлована при сохранении высокой технологичности конструкции.

Методы

В исследованиях по определению какая часть от нормативных динамических нагрузок приходится на проектируемый плитный фундамент с компенсаторами авторами статьи предполагалось, что балки пролетного строения жестко связаны между собой, а поперечная жесткость пролетного строения настолько велика, что под нагрузкой мостовое полотно не деформируется, а лишь опускается и поворачивается на некоторый угол за счет упругости главных балок модели путепровода. Модель выполнена из бетона и дерева и представляет собой 5-прогонное пролетное строение.

¹¹ Method of foundation construction on heaving soils / Patent of the Russian Federation. RU2440461 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/244/2440461.html>.

¹² Foundation based on foundation slabs using jacks and ground anchors/ Patent of the Russian Federation. RU2464381 CI, E02D27/01 — shallow foundations. <https://findpatent.ru/patent/246/2464381.html>.

Общий вид модели показан на рисунке 1, там же (во введении статьи) указаны и её основные размеры.

Предварительно перед проведением испытаний модели была подготовлена таблица 1 для занесения в нее снимаемых по индикаторам параметров.

Таблица 1

Снимаемые по индикаторам параметры

№ балки	Нагрузка $P = 30$ кгс									
	Отсчёты по индикатору № 1 на опоре А			Отсчёты по индикатору № 2 на середине балки			Отсчёты по индикатору № 3 на опоре В			
	без нагр.	под нагр.	без нагр.	без нагр.	под нагр.	без нагр.	без нагр.	под нагр.	без нагр.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1										
2										
3										
4										

Разработана авторами

При испытании авторами статьи выполнялись следующие работы:

- вначале на пролетное строение модели прикладывалась предварительная нагрузка (пригруз) $P = 10$ кгс, этим достигалось более плотное опирание модели на опорные части, снимались начальные отсчеты по индикаторам без нагрузки, снятые показания заносились в графу 2 таблицы 1;
- далее на пролетное строение модели прикладывалась рабочая нагрузка $P = 30$ кгс и замерялась деформация прогона с помощью индикаторов часового типа в середине пролета и на опорах; результаты заносились в графу 3 таблицы 1;
- приложенная нагрузка $P = 30$ кгс удалялась с пролетного строения и снималась обратная деформация, результаты измерений заносились в графу 4 таблицы 1.

Для каждой балки № 1, № 2, № 3 и № 4 проводилось по 3 цикла нагружения.

Результаты исследований

В результате исследований была определена доля нормативных динамических нагрузок, приходящихся на проектируемый плитный фундамент с компенсаторами. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Прогиб определяли, как разницу между отсчётами индикатора часового типа после нагружения и до нагружения, а возврат — как разницу между отсчётами после нагружения и после удаления нагрузки. Такие таблицы составляли на каждый цикл каждой схемы нагружения.

Авторами статьи была предложена конструкция опор на фундаментных плитах с гидродомкратами и шаровыми опорами, позволяющая сократить трудоемкость и материалоемкость производства работ, обеспечить возможность регулирования высоты верхней опорной плиты с целью компенсации осадки фундамента в процессе эксплуатации, а также улучшить восприятие изгибающих и динамических нагрузок при сохранении высокой технологичности конструкции.

Таблица 2

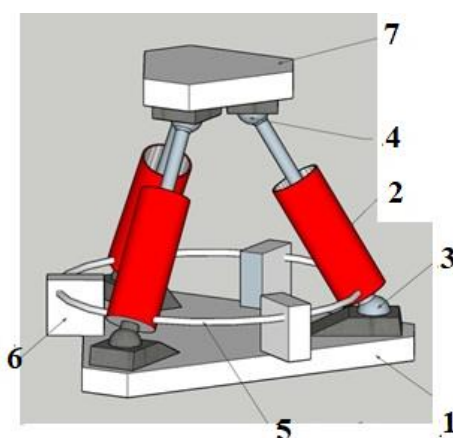
Результаты определения коэффициента поперечной установки

№ балок	Индикаторы		Показания приборов при P = 30 кгс			Деформации (прогибы) балок, мм					Коэффициент поперечной установки (КПУ)	
	расположение	№ индикатора	без нагрузки	под нагрузкой	после снятия нагрузки	полные			с учетом деформации опор		КПУ = W/ΣW	
						прогиб	возврат	остаточная деформация	при прогибе	при возврате	при прогибе	при возврате
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Оп.А	1	10	10,2	10	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,83	0,83
1	L/2	2	10	12	10	2	2	0	2	2		
1	Оп.В	3	10	10,2	10	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,83	0,83
2	Оп.А	1	12	12,2	12	0,2	0,2	0	0,2	0,2		
2	L/2	2	12	14	12	2	2	0	2	2	0,83	0,83
2	Оп.В	3	12	12,2	12	0,2	0,2	0	0,2	0,2		
3	Оп.А	1	12	12,2	12	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,83	0,83
3	L/2	2	12	14	12	2	2	0	2	2		
3	Оп.В	3	12	12,2	12	0,2	0,2	0	0,2	0,2	0,83	0,83
4	Оп.А	1	10	10,2	10	0,2	0,2	0	0,2	0,2		
4	L/2	2	10	12	10	2	2	0	2	2	0,83	0,83
4	Оп.В	3	10	10,2	10	0,2	0,2	0	0,2	0,2		

Примечание: 1. Оп.А — отсчёт в начале балки пролётного строения; L/2 — отсчёт посередине балки пролётного строения; Оп.В — отсчёт в конце балки пролётного строения. 2. Так как чистые прогибы и возвраты на опорах А и В оказались равны между собой, то средний прогиб не определялся. Разработана авторами

Эта конструкция может быть использована в гражданском, промышленном и транспортном строительстве.

На рисунке 2 показаны основные элементы предлагаемой конструкции; на рисунке 3 показан вид фундаментного поля с объединяющей рамной конструкцией под здание или производственное сооружение, а на рисунке 4 показан вид фундаментного поля с объединяющей рамной конструкцией под транспортное сооружение.



1 — нижняя опорная плита; 2 — гидродомкрат; 3 — нижняя шаровая опора; 4 — верхняя шаровая опора; 5 — дренажные трубки; 6 — регулирующее устройство золотникового типа; 7 — верхняя опорная плита

Рисунок 2. Основные элементы конструкции фундамента (разработан авторами)

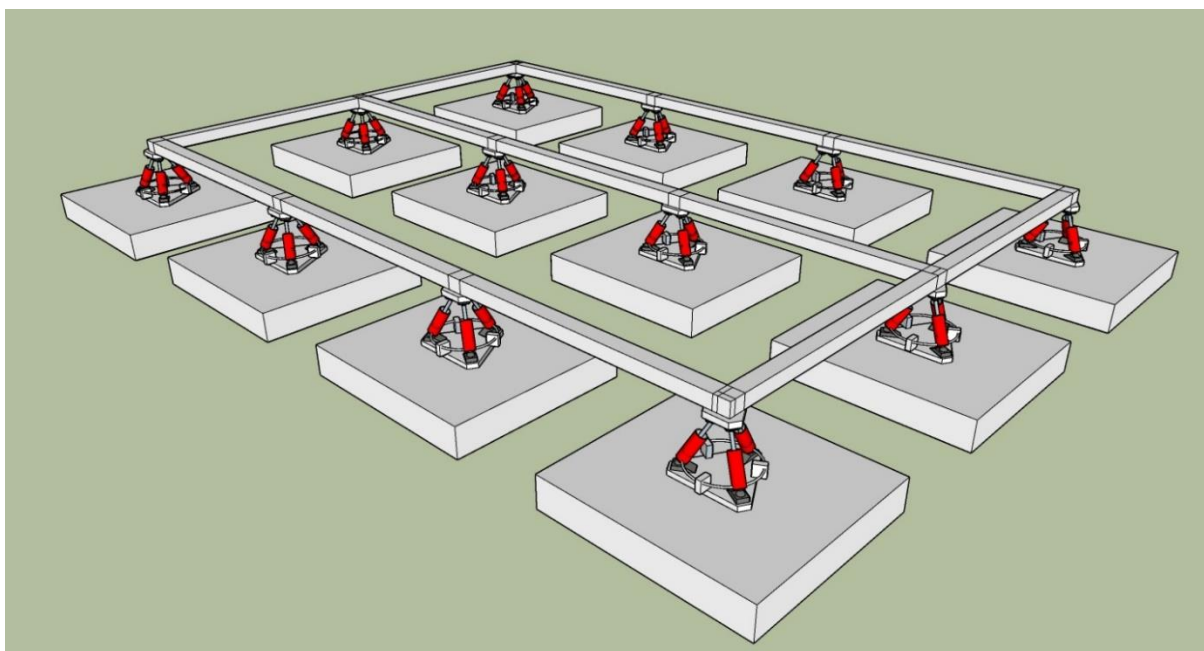


Рисунок 3. Вид фундаментного поля с объединяющей рамной конструкцией под здание или производственное сооружение (разработан авторами)

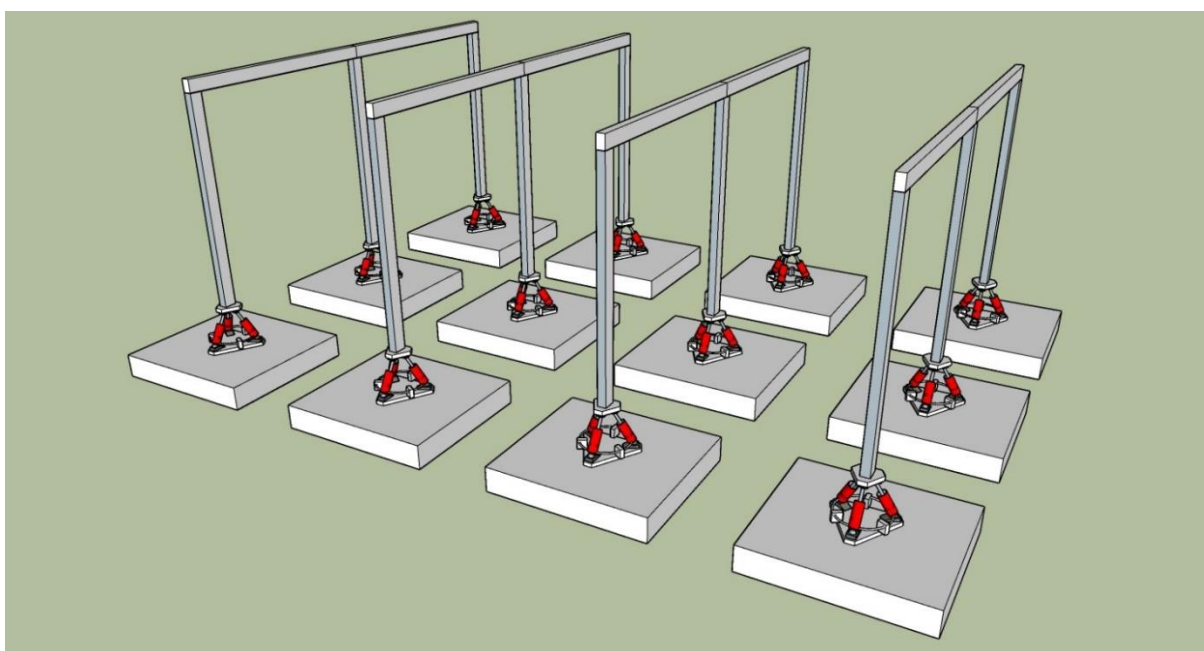


Рисунок 4. Вид фундаментного поля с объединяющей рамной конструкцией под транспортное сооружение (разработан авторами)

В проектное положение фундамент устанавливается следующим образом. Согласно рисунку 1 на подготовленное грунтовое основание укладывается нижняя опорная плита 1, на которую устанавливаются гидродомкраты 2 с нижними шаровыми опорами 3 и верхними шаровыми опорами 4, далее устанавливаются дренажные трубки 5 для подачи масла в гидродомкраты 2 и регулирующее устройство золотникового типа 6 для регулирования давления масла; устанавливается верхняя опорная плита 7, которая (согласно рисункам 3 и 4) объединяется поверху с другими опорными плитами в единую рамную конструкцию сборного типа.

После сборки конструкции включают гидродомкраты 2. Они сжимают нижнюю опорную плиту 1 и фиксируют усилие, в результате которого грунтовое основание подвергается предварительному сжатию до возведения наземного сооружения.

Усилие сжатия грунтового основания должно быть несколько больше веса наземного сооружения с учетом последующих пластических деформаций основания в процессе эксплуатации сооружения.

Таким образом, в отличие от ранее известных конструкций фундаментов, рассматриваемая конструкция позволит уменьшить или вообще исключить деформации зданий и сооружений в процессе строительства и при эксплуатации из-за неравномерных осадок грунтового основания. Более того, с помощью установленных гидродомкратов возможно производить корректировку положения фундаментной плиты в процессе эксплуатации мостового полотна, которое устраивается на верхней части рамной конструкции, объединённой с верхними опорными плитами фундамента. Кроме того, поворот шаровых опор гидродомкратов позволит компенсировать действие изгибающих моментов и динамических нагрузок.

Вследствие того, что под нижней опорной плитой грунтовое основание представляет собой предварительно напряженный объем, сейсмостойкость конструкции и устойчивость к восприятию динамических нагрузок будет значительно повышена. Между плитами имеется возможность устройства датчиков, позволяющих контролировать положение гидродомкратов.

В результате испытаний авторами статьи было установлено, что предлагаемая конструкция обладает высокой технологичностью, так как она сборная, все элементы конструкции могут быть выполнены с использованием современных технологий с минимальными трудозатратами и относительно малой материалоемкостью. Такая конструкция позволяет использовать предлагаемую сейсмостойкую опору на плитах с гидродомкратами как при строительстве зданий и производственных сооружений, так и при строительстве транспортных сооружений, в частности путепроводов и эстакад, а также в стеснённых условиях, так как возведение её безопасно для близлежащей застройки.

Для строительства разработанной конструкции фундамента предлагается применить рабочее оборудование гидравлического экскаватора с поворотной колонкой, предложенное авторами статьи. Основная идея предлагаемого усовершенствования такова: ковш экскаватора соединяется с поворотным цилиндром, который в свою очередь соединён с гидромотором. Эта система с помощью соединительных муфт, шлицов и подшипников установлена в поворотную колонку в виде муфто-шлицевого соединения гидромотора и поворотного цилиндра, причём поворотный цилиндр является штоком гидроцилиндра-рукояти рабочего оборудования экскаватора. В результате повышается универсальность рабочего оборудования за счет возможности захвата грузов с помощью управляемых челюстных захватов, использования бура, грунтосмесительной фрезы, а также ковшей с прямой и обратной лопатой, регулирование положения которых достигается простым поворотом поворотного цилиндра, без переустановки ковшей (рис. 5).

Размеры гидроцилиндра-рукояти определяются из условия максимально эффективной работы экскаватора.

В результате проведённых исследований длина муфто-шлицевого соединения с гидромотором примерно равна длине гидроцилиндра-рукояти.

Также авторами статьи предложена технология устройства сейсмостойкой опоры на фундаментных плитах с использованием предлагаемых рабочих органов на универсальном гидравлическом экскаваторе.

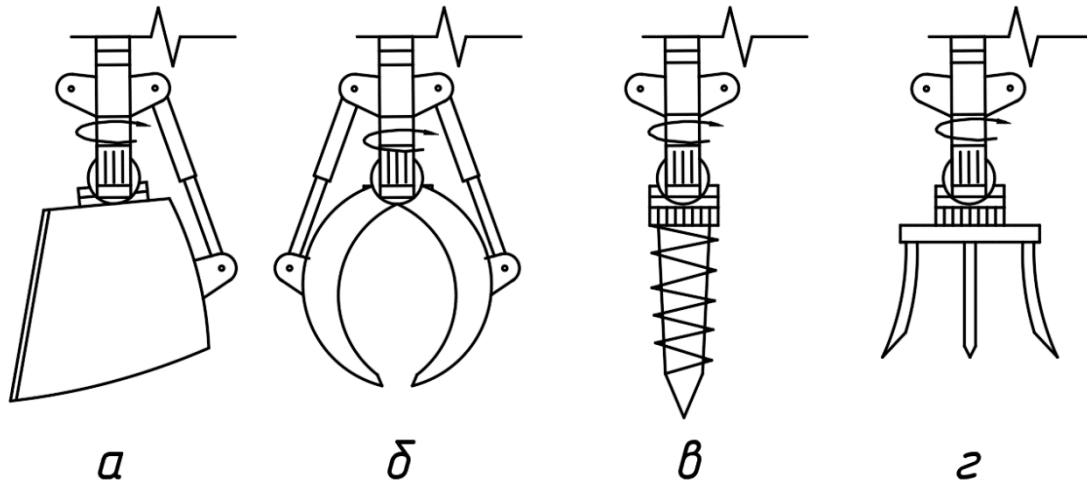


Рисунок 5. Съёмные рабочие органы рабочего оборудования экскаватора: а — ковш обратная (прямая) лопата (регулируется соответствующим поворотом); б — челюстной захват; в — бур; г — грунтосмесительная фреза (разработан авторами)

С помощью ковша экскаватора «прямая лопата» зачищается грунт, расположенный выше стоянки экскаватора, затем разрабатывается котлован под предлагаемую конструкцию фундамента. Твёрдый грунт разрабатывается буром и фрезой. Затем устанавливают блоки конструкции фундамента с помощью челюстного захвата и подсоединяется гидросистема.

Заключение

Анализ сейсмостойких фундаментов показывает большую трудоёмкость и материалоёмкость их строительства, малую приспособленность к компенсации осадки основания. Эти неблагоприятные факторы сглаживает предлагаемая нами конструкция сейсмостойких опор на фундаментных плитах с гидродомкратами и шаровыми опорами, для обеспечения жёсткости, которой верхние опорные плиты объединены сборной рамной конструкцией. В результате исследований разработана модель путепровода с плитными фундаментами, определён коэффициент поперечной установки, показывающий какая часть от нормативных нагрузок приходится на предлагаемый фундамент, которая равна 0,83. В пазах фундамента возможно устройство датчиков, контролирующих положение гидродомкратов с шаровыми опорами, которые, в свою очередь, дают возможность компенсации осадки основания за счёт регулирования высоты штока гидродомкрата и изгибающих моментов с помощью поворота шаровых опор.

В ходе применения методов конструктивного анализа, установлено, что в предлагаемой конструкции, в отличие от конструкций аналогичных фундаментов, отсутствуют грунтовые анкера, нет необходимости устройства глубокого котлована для устройства стены в грунте и осуществления монолитного трудоёмкого бетонирования, имеется возможность регулирования высоты верхней опорной плиты с целью компенсации осадки фундамента в процессе эксплуатации, а также конструкция лучше воспринимает изгибающие моменты из-за наличия шаровых опор.

Это достигается тем, что в предварительно напряжённом фундаменте мелкого заложения, образованном верхней опорной плитой, нижней опорной плитой, опирающейся на грунтовое основание, между нижней и верхней опорными плитами расположены гидродомкраты, которые соединены с плитами с помощью верхних и нижних шаровых опор, заделанных в опорные плиты и напряжены суммарным усилием, равным или несколько большим веса возводимого сооружения, с помощью дренажных трубок и регулирующего

устройства золотникового типа. Для обеспечения жёсткости конструкции верхние опорные плиты объединены сборной рамной конструкцией.

Надёжность эксплуатации зданий и сооружений повышается за счёт возможности регулирования высоты верхней опорной плиты с целью компенсации осадки фундамента в процессе эксплуатации, а также лучшего восприятия изгибающих моментов из-за наличия шаровых опор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авидон Г.Э., Карлина Е.А. Особенности колебаний зданий с сейсмоизолирующими фундаментами А.М. Курзанова и Ю.Д. Черпинского // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. № 1, 2008. С. 42–44.
2. Абовский Н.П., Енджиевский Л.В., Надеяев В.Д. Новые конструктивные решения для сейсмостойкого строительства в особых грунтовых условиях. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2004, № 3, с. 30–32.
3. Сахаров И.И. Некоторые особенности регулирования осадок линейных сооружений, возводимых на слабых грунтах, обладающих ползучестью // Механика грунтовых оснований и фундаменты. Сб. науч. тр. Л., ЛИСИ, 1976, № 12, с. 52–59.
4. Тыркина О.В. Конструктивные решения и методы расчета зданий на сейсмоизолирующих опорах из хлорпренового каучука (Франция). // Сейсмостойкое строительство. Реф. сб. Сер. 14. — М.: ВНИИИС, 1985. Вып. 14, с. 1–8.
5. Ушаков А.С. Методы сейсмоизоляции фундаментов сооружений// Технические науки: проблемы и перспективы: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). — СПб.: Реноме, 2011. — С. 180–186.
6. Черепинский Ю.Д. Сейсмоизоляция зданий. Строительство на кинематических опорах (Сборник статей). — М.: Blue Apple. 2009. 47 с.

Tokar Nikolai Ivanovich

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: nikolay_tokar@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8263-6111>

Ilichev Vladlen Anatolyevich

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: ilichevasvi@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0995-9261>

Levkovich Tatiana Ivanovna

Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, Russia
E-mail: tilevkovich@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8372-8114>

Improving the design and construction technology of earthquake-resistant supports of buildings and structures on foundation slabs with compensators

Abstract. The article presents solutions for improving the design of earthquake-resistant supports of buildings and structures on foundation slabs with compensators, arranged, including in conditions of dense construction, increased dynamic loads, in earthquake-prone areas and on soils where large precipitation is possible during operation. The proposed design will reduce the labor and material intensity of work, improve the perception of bending and dynamic loads, there will be opportunities to adjust the height of the upper base plate in order to compensate for the precipitation of the foundation during operation.

This is achieved by the fact that in a prestressed shallow foundation formed by an upper base plate, a lower base plate resting on a ground base, between the lower and upper base plates there are hydraulic jacks that are connected to the plates with the help of upper and lower ball bearings embedded in the base plates and stressed by a total force equal to or somewhat greater than the weight the structure under construction, with the help of drainage pipes and a spool-type regulating device. To ensure the rigidity of the structure, the upper support plates are combined with a prefabricated frame structure.

Keywords: shallow foundation; foundation plates; ball bearing; hydraulic jack; buildings; production facilities; transport facilities; removable excavator working bodies

REFERENCES

1. Avidon G.E., Karlina E.A. Features of vibrations of buildings of buildings with seismic-insulating foundations A.M. Kurzanov and Yu.D. Cherpinsky // Earthquake-resistant construction. Safety of structures. No. 1, 2008. pp. 42–44.
2. Abovsky N.P., Yendzhievsky L.V., Nadelyaev V.D. New design solutions for earthquake-resistant construction in special ground conditions. // Earthquake-resistant construction. Safety of structures. 2004, No. 3, pp. 30–32.
3. Sakharov I.I. Some features of regulation of sediment of linear structures erected on weak soils with creep // Mechanics of soil foundations and foundations. Collection of scientific tr. L., LISI, 1976, No. 12, pp. 52–59.

4. Tyrkina O.V. Design solutions and methods for calculating buildings on earthquake-insulating supports made of chloroprene rubber (France). // Earthquake-resistant construction. Ref. sat. Ser. 14. — М.: VNIIS, 1985. Issue 14, pp. 1–8.
5. Ushakov A.S. Methods of seismic isolation of foundations of structures // Technical sciences: problems and prospects: materials of the International Scientific Conference.
6. Cherepinsky Yu.D. Seismic isolation of buildings. Construction on kinematic supports (Collection of articles). — М.: Blue Apple. 2009. 47 p.