



Андрей Дачник

МЗЛФ

Малозаглубленный Ленточный Фундамент

своими руками

Санкт Петербург
2012 - 2014



Dacha-Dom.ru

ONLINE ВЕРСИЯ

Дачник А.Д. Малозаглубленный ленточный фундамент своими руками. – СПб.: Dacha-Dom.ru, 2012-2013. – 199 с.

© Андрей Дачник, текст, графика, фотографии, оформление, 2012. Обновлено и дополнено 9 апреля 2014 года.
В издании приведено 49 схем, 88 таблиц, 7 фотографий и 1 карта.

Лицензированное использование электронной публикации: Электронная публикация (версия) книги «Малозаглубленный ленточный фундамент» предназначена для свободного чтения в электронном виде в сети Интернет. Запрещена продажа, аренда, прокат или обмен данной электронной публикации. Запрещается вносить в электронную публикацию какие-либо изменения и фрагментировать её. Запрещается без письменного разрешения автора перепечатывать или публиковать отдельные части данной электронной публикации или всю публикацию, как в электронном, так и в неэлектронном виде. При цитировании в сети Интернет обязательно указание авторства, названия книги и активной ссылки на сайт автора <http://Dom.Dacha-Dom.ru>.

Автору книги можно выразить свою благодарность денежным пожертвованием через Яндекс Деньги, PayPal или платежом с кредитной карты можно на этой странице:
<http://www.dacha-dom.ru/pay.html>

Содержание

	Содержание	страница 1
	Список литературы и нормативных документов	страница 3
	Вступление	страница 6
I.	Где и когда можно строить малозаглубленный ленточный фундамент	страница 7
	1. Несущая способность грунта	страница 8
	2. Движения грунта и пучинистость	страница 11
	3. Рельеф местности	страница 17
	4. Неоднородность грунтов	страница 18
	5. Большие деревья и фундамент	страница 20
	6. Химический состав почвы	страница 21
	7. Подземные воды	страница 22
	8. Сейсмичность	страница 25
II.	Конструкция ленточных фундаментов	страница 26
	1. Варианты конструкций ленточного фундамента	страница 27
	2. Подвальные помещения и погреба	страница 38
	3. Защита жилого дома от радона	страница 42
III.	Упрощенный расчет малозаглубленного ленточного фундамента	страница 66
	1. Глубина заложения ленточного фундамента	страница 66
	2. Высота, длина и ширина ленточного фундамента	страница 70
	3. Несущая способность грунта	страница 79
	4. Исследование грунта	страница 83
IV.	Строительство ленточного фундамента	страница 78
	1. Вынос осей фундамента в натуру	страница 78
	2. Площадка под застройку и траншеи под фундамент	страница 92
	3. Кладка фундаментных блоков	страница 103
	4. Опалубка	страница 104
	5. Армирование	страница 111
	6. Бетонирование	страница 139
	7. Гидроизоляция и защита поверхности	страница 165
	8. Утепление фундамента и грунта	страница 174
V.	Перекрытия и полы по грунту	страница 186
VI.	Строительство малозаглубленного ленточного фундамента на склоне	страница 189

Отказ от ответственности: Книга «Малозаглубленный ленточный фундамент» является информационно-ознакомительным научно-популярным материалом, и может содержать ошибки и неточности. Используя информацию из книги, вы делаете это исключительно на свой собственный риск. Во всех случаях автор не может нести ответственности за любые прямые или косвенные убытки и потери любых сторон, напрямую или косвенно связанные с использованием информации из данной электронной публикации.

«Нужно делать так, как нужно. А как не нужно – делать не нужно».

Медвежонок Винни - Пух

Уважаемые Читатели,

Благодарю Вас за то, что решили прочитать или просто ознакомиться с книгой «Малозаглубленный ленточный фундамент». Эта книга написана для того, чтобы собрать в одном издании разрозненную по различным нормативным документам и литературным источникам самую необходимую информацию о строительстве монолитного малозаглубленного ленточного фундамента своими руками.

Возможно, Вы удивитесь, узнав, что мне пришлось собирать информацию более чем в полусотне отечественных и зарубежных строительных нормативных документах и руководствах, чтобы получить обоснованные ответы на ряд самых простых вопросов о малозаглубленных ленточных фундаментах, вроде тех, что изо дня в день задают самодеятельные дачные строители на форуме **Околоток** <http://www.okolotok.ru> :

- Где можно строить ленточный фундамент, а где лучше подумать о фундаменте другого типа?
- На какую глубину закладывать ленточный фундамент?
- Какой ширины сделать фундаментную ленту?
- Какой высоты над землей должна быть фундаментная лента?
- Как правильно сделать опалубку?
- Как правильно армировать фундамент?
- Нужно ли поливать бетон водой и когда снимать опалубку?
- Зачем утеплять фундамент и грунт вокруг него?
- Отчего появляются трещины в бетоне и как с ними бороться?
- Как сделать подвал в доме с ленточным фундаментом?
- Как построить ленточный фундамент на склоне?
- Можно ли оставлять ненагруженный домом ленточный фундамент на зиму?

Результат моей работы представляется Вашему вниманию. Вся информацию о монолитных малозаглубленных ленточных фундаментах я постарался сделать максимально доступной и простой для понимания людьми без технического образования, сопровождая каждую главу подробными схемами, таблицами и иллюстрациями.

Я буду признателен, если вы будете направлять мне свои отзывы, сообщения о замеченных ошибках, опечатках и неточностях. Это позволит сделать данную книгу лучше, а значит еще более полезной для таких же читателей, как и Вы сами.

С уважением,

Андрей Дачник

<http://Dom.Dacha-Dom.ru>

Список использованной литературы и нормативных документов

Государственные стандарты:

1. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация.
2. ГОСТ Р 52086-2003 Опалубка. Термины и определения.
3. ГОСТ Р 52085-2003 Опалубка. Общие технические условия.
4. ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций.
5. ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
6. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ.
7. ГОСТ 23732-79. Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

Строительные нормы и правила:

8. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции.
9. СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений.
10. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах.
11. СНиП II-В.8-71 Полы. Нормы проектирования.
12. СНиП 2.08.01-89 Жилые здания.
13. СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.
14. СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве.
15. СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции.
16. СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции.
17. СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты.
18. СНиП III-4-80 Техника безопасности в строительстве.
19. СНиП 30-02-97 Планировка и застройка территорий садоводческих объединений граждан, здания и сооружения.
20. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
21. СНиП 3.04.01-87 Изоляционные и отделочные покрытия.

Пособия по проектированию:

22. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83).
23. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного натяжения арматуры (к СП 52-101-2003).
24. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). – М., Стройиздат, 1978.
25. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий: пособие по проектированию. – М., 2007.
26. Руководство по применению химических добавок в бетоне. – М., 1981.
27. Рекомендации по технологии применения химических добавок при производстве бетонных и железобетонных конструкций тоннелей и метрополитенов. – М., 1988
28. Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.11-85).
29. МДС 12-34.2007 Гидроизоляционные работы.

Ведомственные строительные нормы:

30. ВСН 29-85. Проектирование мелкозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах.
31. ВСН 37-96. Указания по устройству фундаментов на естественном основании при строительстве жилых домов повышенной этажности
32. СТО 36554501-012-2008. Применение теплоизоляции из плит пенополистирольных вспененных

экструзионных «Пеноплекс» при проектировании и устройстве малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах: стандарт организации. – М., 2008.

Своды правил:

- 33. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
- 34. СП 31-105-2002. Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом.
- 35. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
- 36. СП 52-117-2008. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий.
- 37. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений.

Технические регламенты:

- 38. ТР 94.03.1-99. Монтаж сборных бетонных и железобетонных конструкций при возведении подземной части здания.

Техническая литература:

- 39. Проектирование железобетонных изделий: справочное пособие / под ред. А.Б. Голышева и др., – Киев: Будивэльник, 1990.
- 40. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). – М.: Стройиздат, 1978.
- 41. И.Н. Тихонов. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. – М., 2007.
- 42. В.С. Сажин. Не зарывайте фундаменты вглубь. – М.: Акапринт, 2003.
- 43. Руководство по применению арматурных изделий сервисных металлоцентров ОАО ИНПРОМ для монолитных железобетонных конструкций. – Ростов-на-Дону: ОАО Инпром, Ростовский государственный строительный университет, 2010.
- 44. Методическое пособие по приготовлению бетонных смесей. – Златоуст: Мастек.
- 45. В. М. Галузин. Бетонирование массивных фундаментов: методические указания. – СПб: Инженерно-строительный факультет СПбГТУ, 2002.
- 46. Схемы операционного контроля качества строительных, ремонтно-строительных и монтажных работ. – СПб, 2008
- 47. Design guide for frost-protected shallow foundations. – Upper Marlboro: NAHB Research Center, 1994.
- 48. В. Grunau. Anchorage Foundation Insulation Study. – Fairbanks Cold Climate Housing Research Center, 2011.

Зарубежные строительные нормы и правила:

- 49. Building Regulations Approved Document A: 2010 – Великобритания.
 - 50. ACI 318-05 Building Code Requirements for Structural Concrete. – США.
 - 51. ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. – США.
 - 52. International Building code / International residential code, 2006-2012.
 - 53. EN 1990: Basis of structural design. – Евросоюз.
 - 54. DD ENV 13670-1:2000 Execution of concrete structures. – Евросоюз.
 - 55. BS 8004:1986 Code of practice for foundations. – Великобритания.
 - 56. BS 7543: 1992 Guide to Durability of Building Elements, products and components. – Великобритания.
 - 57. D1.4:2005, Structural Welding Code - Reinforcing Steel. – США.
 - 58. ACI Committee 347, Guide to formwork to concrete. – США.
59. Список литературы по проблеме защиты дома от радона приведен в сносках к соответствующей главе.

Малозаглубленный* ленточный фундамент

Малозаглубленный ленточный фундамент является одним из самых широко распространенных видов фундаментов для частного дачного строительства. Малозаглубленные ленточные фундаменты более экономичны и просты в исполнении, по сравнению с затратными заглубленными фундаментами – “подземными стенами”, которые для надежности зарывают в землю на глубины, превышающие нормативные глубины промерзания грунта зимой в каждой конкретной климатической зоне.

Однако сильно заглубленные фундаменты под легкими и относительно легкими дачными домами могут вызвать проблемы из-за неравномерных зимних подвижек, обусловленных большой площадью подземной стены фундамента. Чем больше площадь боковых поверхностей фундамента, тем больше приложение по касательной сил морозного пучения промерзающих водонасыщенных пучинистых грунтов. Небольшая нагрузка от легкого дачного дома (2 - 15 т на погонный метр фундамента) зачастую не может уравновесить действие этих сил. При неоднородности подлежащего грунта силы морозного пучения производят локальные подвижки фундаментов. Если для дома из бруса или бревна неравномерные подвижки и деформации фундамента не приведут к механическому разрушению стен, то даже малая деформация фундамента дома из газобетона или кирпича может привести к появлению трещин в стенах.

Заглубленные фундаменты требуют большего объема производимых строительных работ и, естественно, стоят существенно дороже мелкозаглубленных фундаментов из-за меньшего объема требуемых стройматериалов. Исследования, проведенные во второй половине XX века, показали, что существуют гораздо более экономичные способы борьбы с силами морозного пучения: это утепление фундамента и грунта вокруг него, дренирование грунта вокруг фундамента и создание подушки из непучинистых грунтов (крупного песка) под фундаментом и вокруг него. Эти недорогие способы позволяют уменьшить глубину заложения фундамента в 2 - 3 раза и сберечь при строительстве значительные средства.

Первый в мире утепленный фундамент был построен американским архитектором Фрэнком Ллойдом Райтом в Чикаго (США) в 1930-х годах. Технология утепленного мелкозаглубленного фундамента для холодных регионов была разработана в Швеции и Норвегии в 1950-70-х годах. Итогом разработок стал норвежский проект Норвежского Королевского совета по научным и промышленным исследованиям "Мороз и Грунт" ("Frost og Jord"), результаты которого начали публиковаться в 1976-78 гг. в виде рекомендаций по технологиям мелкозаглубленных утепленных фундаментов для строительства частных домов. В настоящее время исследования по воздействию мороза на грунты в Норвегии продолжаются и их результаты периодически публикуются норвежским комитетом "Мороз и Грунт" (2005, 2007 гг.). Технология утепления мелкозаглубленных фундаментов одобрена для холодных регионов с положительными среднегодовыми температурами (СГТ), таких как, например, Аляска (СГТ +2 °С). Для сравнения, в Санкт Петербурге среднегодовая температура составляет +5 °С, в Москве +5,8 °С. Технология утепленных малозаглубленных ленточных фундаментов не применима только на территориях со среднегодовой температурой ниже 0 °С, при строительстве малозаглубленных ленточных фундаментов на вечной мерзлоте. Существуют и другие ограничения. О них мы сейчас и поговорим.

** В литературе используется два технически равнозначных термина: «малозаглубленный» и «мелкозаглубленный» фундамент. С учетом соблюдения норм русского языка правильным вариантом является «малозаглубленный». Понятия «мелкий» и «заглубленный» несут противоположное значение, описывающее глубину. С точки зрения семантики термин «мелкозаглубленный» столь же абсурден, как и гипотетический термин «дешеводорогой». (Прим. авт.)*

I. Где и когда можно строить ленточный фундамент?

Чаще всего самодеятельные дачные строители в России ориентируются на один критерий: стоимость фундамента. Однако, благоразумно заглядывая в будущее, в этом вопросе нельзя ориентироваться лишь на финансовые возможности: неправильное принятие решения о возможности строительства малозаглубленного ленточного фундамента может вылиться в дальнейшем в огромные затраты на работы по укреплению фундамента сваями, укреплению грунта и т.п. чтобы предотвратить или остановить деформации строительных конструкций.

Самая распространенная ошибка, которую делают самодеятельные строители при выборе типа фундамента и его конструкции – это рассмотрение фундамента и подлежащего грунта как отдельных элементов, либо полное игнорирование свойств подлежащего грунта. Большинство дачных строителей задумывается только об одном аспекте: *“А выдержит ли фундамента нагрузку от моего дома?”*

На самом же деле, фундамента и грунт представляют собой единую систему. Еще более точным будет представление о единой системе взаимодействия пяти элементов: дома, фундамента, грунта, грунтовых вод и температуры воздуха. И при планировании строительства дома стоит задумываться над тем, **выдержит ли грунт нагрузку от дома, передаваемую через фундамента, и какое воздействие на грунт окажут грунтовые воды, как в теплое, так и в холодное время года.**

Тип и конструкция фундамента должна предусматривать минимальное изменение положения фундамента (и дома) при изменении свойств подлежащего грунта, как при высыхании, так и при насыщении водой, как при замораживании грунта, так и после его размораживания. Все эти воздействия на грунт приводят к его движениям как по вертикали, так и по горизонтали, и вызывают изменение давления, оказываемого на фундамента. Также воздействие изменение свойств грунта может произойти и при проведении самих строительных работ.

Рассмотрим свойства грунтов, оказывающие влияние на выбор конструкции фундамента подробнее.

Грунты

В первую очередь для малозаглубленного ленточного фундамента критичны свойства подлежащего грунта. Чтобы малозаглубленный ленточный фундамента был долговечен, как и построенное на нем здание, грунт должен обладать достаточными несущими способностями, минимально задерживать воду и иметь минимальный потенциал к подвижкам-деформациям при изменении температуры и влагонасыщении, так и по другим причинам.

Осадка грунта может возникать как при воздействии внешней нагрузки, так и под собственным весом. В отличие от **просадки** грунта, при его осадке не возникает изменений структуры грунта: из грунта под нагрузкой выдавливается воздух и вода. Осадка может быть немедленной, возникающей сразу же после воздействия нагрузки или долговременной. Например, глина может осаживаться в течение нескольких лет, из-за чрезвычайно мелкой чешуйчатой структуры, хорошо удерживающей воду. Длительная осадка

может быть характерна для пористых органических грунтов. Осадка под нагрузкой скальных, гравелистых или крупнопесчаных грунтов обычно заканчивается уже к окончанию строительного процесса. **Просадка** грунта с изменением структуры может происходить как под воздействием нагрузки или собственного веса слабого грунта, так и при изменении режима насыщения грунта водой. Например, кристаллическая структура меловых почв при насыщении водой или при изменении химического состава грунтовых вод может ослабнуть, и меловой грунт даст значительную просадку.

Движения грунта (подъемы и осадки) связаны с изменением объема грунтов при изменении их влажности (набухание и усадка) и при замерзании воды и оттаивании льда в порах грунта (морозное пучение и оттаивание грунта). **Горизонтальные перемещения** грунта возможны при значительных вертикальных перемещениях грунтов, при эрозии склонов и просадках. Деформации земной поверхности (**оседания**) чаще всего связаны с образованием подземных полостей (природных или техногенных) и понижением уровня подземных вод (существенно для глинистых и органических грунтов).

Деформации грунтов первого вида в виде осадки, просадки или перемещения в горизонтальной плоскости возникают от приложения внешней нагрузки, например, от нагрузки при строительных работах, движения тяжелой техники, нагрузки от самого здания. Деформации второго вида проявляются в виде горизонтальных и вертикальных перемещений грунта (оседания, просадки под собственным весом, морозное пучение, расширение при влагонасыщении) и не связаны с приложением нагрузки извне.

Для малозаглубленных ленточных фундаментов опаснее всего неравномерные деформации грунтов. Причинами неравномерных деформаций могут быть: неоднородности грунтов, неравномерность их уплотнения при строительных работах, наличие линз и других крупных включений, вклинения слоев грунтов под углом, неравномерность увлажнения грунтов.

Несущая способность грунта

Для прогнозирования безопасности строения и фундамента и предупреждения деформаций, величина которых может привести к возникновению нарушению целостности строительных конструкций, существует понятие несущей способности грунта (или сопротивление основания). Величина несущей способности грунтов сравнивается с нагрузкой от здания, снега, ветра, эксплуатационных нагрузок с учетом определенного запаса прочности.

Несущая способность грунтов увеличивается при заглублении фундамента в землю больше глубины 2 м, так как сопротивление нагрузке от здания в этом случае оказывается дополнительно и перпендикулярными составляющими сил от бокового давления грунта. При глубине менее 2 м эти силы не учитываются. Можно сказать, что при глубоком заложении фундамента, грунт ведет себя как жидкость, и на тело, погруженное в жидкость (фундамент) действует выталкивающая сила.

При устройстве малозаглубленного ленточного фундамента настороженно следует относиться к **слабонесущим грунтам**, например, к биогенным органическим грунтам: торфу, сапропелю или илу. Пункт 5.4. СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» запрещает опирание фундаментов непосредственно на поверхность сильнозоторфованных грунтов, торфов, слабоминеральных сапропелей и илов.

Также малой несущей способностью (расчетным сопротивлением основания) обладают водонасыщенные грунты, и грунты с переменной структурой слоев (например, сочетание органического и минерального грунта). Не секрет, что наше государство любило и любит выделять бывшие или существующие болота для организации садоводческих и дачных некоммерческих товариществ. Это понятно: земли в России мало, и более пригодных грунтов для народного дачного строительства подыскать трудно.

Торф и другие органические грунты отличаются волокнистой или пористой структурой, сформированной продуктами распада растений, смешанных с песком, глиной и илом. Все эти виды грунтов сильно сжимаемы даже под небольшой нагрузкой. Органические грунты способны оседать длительное время. Особенно сильно уменьшение объема грунтов возникает при уменьшении водонасыщения грунтов.

Если вам достался участок на торфе или сапропеле, прежде всего, нужно узнать какова глубина залегания этих биогенных грунтов. Если эта глубина до **1 метра**, а глубже лежат плотные грунты с хорошей несущей способностью, то делается выторфовка на полную глубину залегания торфа и в траншее устраивается песчаная трамбованная подложка или бетонная подготовка и поверх устраивается классический малозаглубленный ленточный фундамент (на бетонной подушке или без нее).

При глубинах залегания органических грунтов более **1 метра**, возможно экономически более выгодно будет рассмотреть устройство свайного или свайно-ростверкового фундамента. Сваи в этом случае будут передавать нагрузку от здания на более глубокие слои плотных, хорошо несущих грунтов. В англоязычной строительной литературе отмечается, что экономически целесообразным (только при условии необходимости устройства подвалов и цокольных этажей) можно считать строительство ленточных фундаментов на глубину до **2,5 метров**, но не более. Фактически в этом случае ленточный фундамент правильнее было бы назвать «подземной стеной». На ее устройство можно пойти, если вам действительно нужен подвал или погреб. Но прежде, чем вы начнете строить подземное убежище для кадок с огурцами, посчитайте, сколько именно десятилетий вы могли бы покупать соленые огурцы на сэкономленные деньги от строительства подземной стены, ее дренажа, гидроизоляции и устройства гидроизоляции подвала. Кроме того, подвал – это не только помещение для хранения картошки и огурцов в кадках, но и отличное хранилище для радиоактивного газа радона, который выделяется из почвы и, будучи тяжелее воздуха, скапливается в низинах. Проблема радиоактивного почвенного газа радона настолько же актуальна для индивидуальных одно - двухэтажных домов, насколько широко она замалчивается в отечественной строительной литературе. Мы поговорим о радоне в отдельной главе ниже.

Кроме вариантов выторфовки и устройства фундамента на сваях, существует еще один вариант решения проблемы строительства фундамента на торфе или другом биогенном грунте: это постоянная пригрузка торфа насыпным грунтом по геотекстилю, с устройством фильтрующего слоя или дрена. Однако и при таком способе торф будет продолжать таить в себе другую опасность: при устройстве дренажа и водоотведения понижается уровень грунтовых вод, насыщавших органический грунт. При обезвоживании органический грунт сильно теряет в объеме. Из-за неравномерного обезвоживания торфа или неравномерного его залегания возможно неравномерное проседание грунта и, как следствие, деформации ленточного фундамента. Эта же опасность потенциально грозит и плавающим плитным фундаментам на торфяном грунте. Поэтому, прежде чем проектировать и строить фундамент, уточните какой вид фундамента лучше подходит для типа залегания грунта на вашем участке (*Таблица №1*).

Таблица №1. Выбор оптимального типа фундамента в зависимости от свойств подлежащих грунтов.*

Состояние подлежащего грунта	Легкая подвижная структура	Тяжелая неподвижная структура
Глубокий слой твердого грунта	Фундамент на опорных площадках, ленточный фундамент на бетонной подушке	Поверхностная или малозаглубленная монолитная плита
Глубокий слой слежавшегося грунта	Фундамент на опорных площадках, ленточный фундамент на бетонной подушке, монолитная плита, свайный фундамент	Заглубленная монолитная плита с подземным этажом, свайный фундамент, забивные сваи, кессонный фундамент.
Слой мягкого или сыпучего грунта на твердой основе	Фундамент на опорных площадках, ленточный фундамент на бетонной подушке, поверхностная монолитная плита	Заглубленная монолитная плита, глубокие сваи.
Слой мягкого или сыпучего грунта на мягкой основе	Фундамент на опорных площадках, ленточный фундамент на бетонной подушке, поверхностная монолитная плита. (Возможно, с предварительной пригрузкой привозным грунтом).	Заглубленная монолитная плита, глубокие сваи, кессонный фундамент
Перебегающиеся слои твердого и мягкого грунта	Фундамент на опорных площадках, ленточный фундамент на бетонной подушке, поверхностная монолитная плита. (Возможно, с предварительной пригрузкой привозным грунтом).	Заглубленная монолитная плита, глубокие сваи, кессонный фундамент, опирающиеся на слой твердого грунта.

* Таблица приводится по изданию L.J. Goodman and R.H. Kerol, *Theory and Practice of Foundation Engineering*, N.Y., 1968, P. 312

Свод правил “Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений” [глава 8, СП 50-101-2004] указывает, что в сложных грунтовых условиях и при высоком уровне грунтовых вод рекомендуется использовать свайные фундаменты (короткие сваи) и фундаменты на локально уплотненном основании (в вытрамбованных или выштампованных котлованах). Но такие фундаменты лучше подходят для зданий стоечно-балочной конструкции, чем для зданий с несущими стенами. Для зданий с несущими стенами рекомендуется применять однорядное расположение забивных блоков и пирамидальных свай (в виде усеченной пирамиды с углом наклона стенок от вертикали $5-10^\circ$), а также короткие сваи (до 2,5 - 3 м) различных типов.

Биогенные органические грунты со слабой несущей способностью – это не единственная группа грунтов, к которым следует относиться с осторожностью при выборе типа фундамента. Значительные повреждения фундаментам и строениям могут быть нанесены при различных движениях грунтов. Движения грунтов могут быть вызваны и причинами не связанными с нагрузками от возводимого или построенного здания.

Это могут быть:

- Сезонные подвижки, связанные с вегетацией растений и уменьшения обводнения глинистых грунтов.
- Поднятия грунта в результате образования линз льда при замерзании грунтов.

- Прогрев грунтов от отапливаемых зданий.
- Изменения глубины залегания грунтовых вод и дренажных свойств грунтов.
- Просадки грунта от воздействия воды или антропогенных факторов.
- Сдвиги грунтов на склонах или при земельных работах.
- Самопроизвольные просадки грунта под собственным весом.
- Просадки грунта от вибраций (включая землетрясения).

Грунты, обладающие потенциалом к сильному расширению и подъему поверхности при замерзании, относятся к основной «группе риска» в отношении пригодности для строительства малозаглубленного ленточного фундамента.

Движения грунта и пучинистость

Пучинистость грунта, вызываемая способностью грунта удерживать воду в своей структуре, является серьезным врагом ленточных фундаментов. Особенно критична неравномерная пучинистость подлежащих грунтов, приводящая к неравномерным нагрузкам на фундамент. Чаще всего неравномерная пучинистость может быть вызвана наличием разнородных подлежащих грунтов под малозаглубленным ленточным фундаментом. Также неравномерная пучинистость может быть вызвана неравномерным прогревом почвы от солнца, разницей в утеплении грунта (в том числе при неравномерном укрытии грунта рядом с домом снегом), наличием отапливаемых и неотапливаемых помещений на одном фундаменте. Кроме глинистых грунтов, к пучинистым грунтам относятся пылеватые и мелкие пески, а также крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем, имеющие к началу сезона промерзания влажность выше определенного уровня. Перечень пучинистых грунтов по ГОСТ 25100-95 приведен в таблице:

Таблица №2. Пучинистость грунтов.

Степень пучинистости грунта (ГОСТ 25100-95) / % расширения	Пример грунта (требуется исследование для принятия решения о классификации)
Практически непучинистые грунты < 1%	Твердые глинистые грунты, мало водонасыщенные гравелистые, крупные и средние пески, мелкие и пылеватые пески, а также пески мелкие и пылеватые, содержащие менее 15 % по массе частиц мельче 0,05 мм. Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 %
Слабопучинистые грунты < 1-3,5 %	Полутвердые глинистые грунты, средне водонасыщенные пылеватые и мелкие пески, крупнообломочные грунты с заполнителем (глинистым, песком мелким и пылеватым) от 10 до 30 % по массе
Среднепучинистые грунты < 3,5-7 %	Тугопластичные глинистые грунты. Насыщенные водой пылеватые и мелкие пески. Крупнообломочные грунты с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе
Сильнопучинистые и чрезмернопучинистые грунты > 7%	Мягкопластичные глинистые грунты. Насыщенные водой пылеватые и мелкие пески.

Для обзора важнейших свойств грунтов и их пригодности для строительства мы предлагаем обратиться к сводной таблице:

Таблица №3 Характеристики грунтов*

Грунт	Дренажные возможности грунтов	Потенциал подъема уровня грунта при замерзании. (Вертикальные и касательные составляющие сил морозного пучения)	Потенциал расширения грунта при замерзании. (Горизонтальные составляющие сил морозного пучения)
Валунный, галечниковый, щебенистый, гравийный, дресвяный. Песок гравелистый и крупный.	Хорошие	Незначительный	Незначительный
Илистый гравий, илистые пески	Хорошие	Средний	Незначительный
Глинистый гравий, песчано-глинистая гравийная смесь, глинистые пески	Средние	Средний	Незначительный
Пылеватый и мелкий песок, мелкий глинистый песок, неорганический ил, глинистый суглинок с умеренной пластичностью	Средние	Высокий	Незначительный
Низко- и средне пластичные глины, гравелистые глины, илистые глины, песчанистые глины, тощие глины	Средние	Средний	От незначительного к среднему
Пластичные и жирные глины	Плохие	Средний	Высокий
Неорганические илистые грунты, мелкие слюдянистые пески	Плохие	Высокий	Высокий
Органические непластичные илистые грунты, илистая тугопластичная глина	Плохие	Средние	Средние
Глина и илистая глина средней и высокой пластичности, пластичные илистые грунты, торф, сапрпель.	Неудовлетворительные	Средние	Высокие

* Таблица адаптирована из раздела R406.1 Международного строительного кода для жилых домов International Residential Code - 2006

Пучинистость грунта определяется его составом, пористостью, а также уровнем грунтовых вод (УГВ). Чем выше стоят грунтовые воды, тем больше будет расширяться грунт при замерзании. Способность удерживать и «подсасывать» воду из нижележащих слоев обеспечивается наличием в структуре грунта капилляр и подсосом ими воды. Грунт при расширении замерзающей водой (льдом) начинает увеличиваться в объеме.

Происходит это из-за того, что вода увеличивается в объеме при замерзании на **9-12%**. Поэтому, чем больше воды в грунте, тем он более пучинистый. Также выше пучинистость у грунтов с плохими дренажными характеристиками. При промерзании грунта сверху (от уровня земли или планировки) еще незамерзшая вода отжимается льдом в нижележащие слои грунта.

Если дренажные свойства грунта недостаточные, то вода задерживается и быстро промерзает, вызывая дополнительное расширение грунта. На границе раздела положительных и отрицательных температур могут намораживаться линзы льда, вызывая дополнительный подъем грунта. Чем больше плотность грунта, тем меньше в нем капилляров и пустот (пор) где может задерживаться вода и, следовательно, меньше потенциал расширения при замерзании.

Малозаглубленный ленточный фундамент по определению закладывается на глубины сезоннопромерзающего слоя грунта. При замерзании грунта и начале его движения на фундамент начинает действовать сила, вектор которой приложен перпендикулярно к подошве фундамента (при условии, что подошва лежит в горизонте).

Под действием этой силы, приложение которой зачастую бывает неравномерным по длине фундамента, фундамент и само здание может подвергаться также неравномерным перемещениям. Кроме давления вверх, пучинистый грунт при замерзании может оказывать давление и по горизонтали, и по касательной к вертикальной плоскости ленты фундамента.

Таблица №4. Значения касательной силы морозного пучения.

Грунты и степень водонасыщения	Значение расчетной удельной касательной силы пучения кгс/см ² , при глубине сезонного промерзания грунта, м					
	до 1,5		2,5		3 и более	
	гладкий бетон	негладкий бетон	гладкий бетон	негладкий бетон	гладкий бетон	негладкий бетон
Мягкопластичные, текучепластичные и текучие супеси, суглинки, глины; крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем, насыщенные водой мелкие и пылеватые пески.	1,1	1,65	0,9	1,35	0,7	1,05
Тугопластичные супеси, суглинки и глины; крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые значительного водонасыщения.	0,9	1,35	0,7	1,05	0,5	0,75
Полутвердые и твердые супеси, суглинки и глины; крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем, пески мелкие и пылеватые средней степени водонасыщения	0,7	1,05	0,5	0,75	0,4	0,6

От свойств грунтов и от степени их пучинистости зависит тип и конструкция малозаглубленного фундамента и способ подготовки его грунтового основания.

Таблица №5. Выбор оптимального типа фундамента в зависимости от пучинистости подлежащих грунтов.*

Степень пучинистости грунта	Минимально допустимый тип фундамента	Особенности конструкции фундамента
Непучинистые и слабопучинистые грунты	Сборный из бетонных блоков, укладываемых без соединения между собой.	Блоки укладывают на выравнивающую подсыпку из песка.
Средне- и сильнопучинистые грунты	Сборный из железобетонных блоков, содержащих выпуски арматуры. На сильнопучинистых грунтах использование малозаглубленных фундаментов допустимо только для 1-2 этажных деревянных зданий . Предпочтительна конструкция в виде жесткого рамного железобетонного фундамента, или фундамента-плиты ***	Выпуски арматуры соседних блоков соединяют, стыки между блоками замоноличивают бетоном. Возможно, потребуется усиление жесткости стен армированными или железобетонными поясами, устраиваемыми в уровне перекрытий и над проемами верхнего этажа. Блоки укладывают на подушку из непучинистого материала.**
Чрезмернопучинистые грунты	Монолитный железобетон. Рекомендуется сменить тип фундамента на малозаглубленную или незаглубленную монолитную железобетонную плиту, под которой устраивается подушка из непучинистых материалов**	Возможно, потребуется усиление жесткости стен армированными или железобетонными поясами, устраиваемыми в уровне перекрытий и над проемами верхнего этажа.

* Таблица приводится по рекомендациям пунктов 8.8-8.15 СП 50-101-2004.

** Песок гравелистый, крупный или средней крупности, мелкий щебень, котельный шлак, песчано-щебеночная (песчано-гравийная) подушка (смесь песка крупного или средней крупности - 40 %, щебня или гравия - 60 %).

***Пункт 2.139 Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83).

Ленточные фундаменты рекомендуется строить на грунтах с глубиной промерзания до **1,7 м** [ВСН 29-85]. В соответствии с главой СНиП 2.02.01-83 глубина заложения фундаментов на непучинистых грунтах не зависит от глубины их промерзания. Поэтому при строительстве малоэтажных зданий на непучинистых грунтах мелкозаглубленные фундаменты рекомендуются к массовому применению.

Заметим, что ленточный фундамент, чтобы противостоять силам морозного пучения при строительстве на пучинистом грунте (глинистые грунты), должен быть заглублен на глубину минимум **0,75 м** [The Building Regulations 2010, A1/2, 2E4 - Британские строительные нормы, 2010 год, далее BR 2010]. Во многих английских публикациях указывается минимальная глубина **0,9 - 1,0 м** для заглубления ленточного фундамента, устраиваемого на глинистом грунте.

При этом должны быть соблюдены теплотехнические мероприятия, снижающие промерзание грунтов под фундаментом (утепление грунта).

Таблица № 6. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов.

Город	Суглинки, глины	Мелкие пески	Средние и крупные пески	Каменистый грунт
	Нормативная глубина промерзания грунта, м			
Москва	1,35	1,64	1,76	2,00
Владимир	1,44	1,75	1,87	2,12
Тверь	1,37	1,67	1,79	2,03
Калуга, Тула	1,34	1,63	1,75	1,98
Рязань	1,41	1,72	1,84	2,09
Ярославль	1,48	1,80	1,93	2,19
Вологда	1,50	1,82	1,95	2,21
Нижний Новгород, Самара	1,49	1,81	1,94	2,20
Санкт Петербург. Псков	1,16	1,41	1,51	1,71
Новгород	1,22	1,49	1,60	1,82
Ижевск, Казань, Ульяновск	1,70		1,76	
Тобольск, Петропавловск	2,10		2,20	
Уфа, Оренбург	1,80		1,98	
Ростов-на-Дону, Астрахань	0,8		0,88	
Пенза	1,40		1,54	
Брянск, Орел	1,00		1,10	
Екатеринбург	1,80		1,98	
Липецк	1,20		1,32	
Новосибирск	2,20		2,42	
Омск	2,00		2,20	
Сургут	2,40		2,64	
Тюмень	1,80		1,98	

Сила морозного пучения зависит и от величины отрицательных температур и от продолжительности их действия. Максимальное морозное пучение грунта в России приходится на конец февраля – март. Если вы строите ленточный малозаглубленный фундамент на сильнопучинистом грунте, вам придется думать, как снизить воздействие не только касательных составляющих сил морозного пучения, но также и их горизонтальных составляющих. Примерзающий к фундаменту грунт способен не только обеспечить боковое сжатие фундамента, но и его защемление силами бокового сцепления и подъем, что может вызвать деформацию фундамента (особенно критично для сборных ленточных фундамент из блоков).

Поэтому, если вы решаетесь строить малозаглубленный ленточный фундамент на сильно- или чрезмернопучинистом грунте, вам лучше выбрать в качестве фундамента жесткую монолитную железобетонную раму, а не сборный ленточный фундамент из блоков. К тому же придется провести ряд мероприятий по снижению силы трения между фундаментом и грунтом, и теплотехнические мероприятия для снижения сил морозного пучения.

Что можно сделать для уменьшения воздействия сил морозного пучения грунта на фундамент:

- Устроить хороший дренаж сезоннопромерзающего грунта вблизи фундамента.
- Обеспечить водоотведение ливневых и талых вод с помощью твердой или мягкой отмостки.

- Утеплить поверхность промерзающего грунта вблизи фундамента.
- Рассмотреть возможность засоления грунтов веществами, не вызывающими коррозии бетона и арматуры.

Самым простым и недорогим способом является горизонтальное утепление грунта вокруг здания (о котором мы поговорим подробно ниже) и вертикальное утепление ленточного фундамента. Кроме снижения теплопотерь дома (от 10 до 20%), утепление пенополистиролом подземной части фундамента играет еще и важную роль в снижении трения между грунтом и фундаментом при пучении и компенсации расширения грунта.

Определить какие подвижки основания (фундамента дома) критичны для домов из разных материалов можно по нижеследующей таблице:

Таблица №7. Предельные деформации оснований зданий *

Конструктивные особенности зданий	Предельные деформации пучения, см
Бескаркасные здания с несущими стенами из панелей	2,5
Бескаркасные здания с несущими стенами из блоков и кирпичной кладки без армирования	2,5
Бескаркасные здания с несущими стенами из блоков и кирпичной кладки с армированием или железобетонными поясами при наличии сборно-монолитных монолитных ленточных или столбчатых фундаментов со сборно-монолитными фундаментными балками	3,5
Здания стоечно-балочной конструкции (истинный фахверк)	4,0
Здания с деревянными конструкциями на ленточных фундаментах	5,0
Здания с деревянными конструкциями на столбчатых фундаментах	5,0
Бескаркасные здания с несущими стенами на ленточных и плитных фундаментах	8,0

* Таблица адаптирована с упрощениями на основании таблицы №2 ВСН 29-85 «Проектирование мелкозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах».

Вообще, на глинистом грунте (да и вообще на пучинистых грунтах) предпочтительно использование фундаментов с малой площадью боковой поверхности, то есть свайных или свайно-ростверковых фундаментов. Такие типы фундаментов с заложением основания ниже глубины промерзания грунта менее подвержены воздействию сил морозного пучения или влажностных расширений глинистых грунтов.

Нижнюю часть свайного фундамента можно закорить против морозного подъема расширением сваи в нижней части или устройством монолитной опорной площадки с единым армированием со сваей. По такому принципу строены известные сваи ТИСЭ или монолитная армированная ребристая лента в виде перевернутой литеры «Т». Снижению трения между грунтами и фундаментом также способствует засыпка пространства вокруг подземной части фундамента (траншей или шурфов) песком и оборачивание (покрытие) поверхностей фундамента скользящими материалами (слои полимерной пленки, гидроизоляции, пенополистирола).

Важную роль в снижении пучинистости грунтов играет правильное дренирование. Для снижения сил морозного пучения требуется как можно сильнее обезводить грунт в непосредственной близости к малозаглубленному ленточному фундаменту. Для этого траншеи для ленточного фундамента выкладываются геотекстилем, после отливки фундамента и выполнения гидроизоляции и утепления фундамента, на дно укладываются дренажные трубы кольцевого дренажа вокруг всего дома, и засыпаются дренажной смесью из песка и керамзита, либо просто песком. Пристеночная дренажная мембрана также помогает отводить воду вглубь – к дренажным трубам.

В особо тяжелых грунтовых условиях можно прибегнуть к полной или частичной замене грунта, подлежащего и прилегающего к малозаглубленному ленточному фундаменту.

Рельеф местности

Движения подлежащего под фундаментом грунта могут быть вызваны особенностями рельефа местности. На участке с уклоном рельефа при глинистых или мелкопесчаных грунтах всегда существует тенденция сдвига верхних слоев грунта вниз по склону, в зависимости от угла наклона, свойств грунта и режима водонасыщения грунта. Наличие эрозий на склоне, небольших овражков, покосившихся деревьев, столбов или оград говорит, о нестабильности верхнего слоя грунта. Толщина нестабильного слоя грунта на склоне может варьироваться от одного до нескольких метров.

Даже при стабильности верхних слоев грунта на участке со склоном их неподвижность может быть нарушена при начале строительных работ. Отсроченные подвижки глинистых грунтов по склону могут наблюдаться в течение всего срока существования строения.

При строительстве на склоне могут понадобиться меры по закреплению грунтов, отводу грунтовых и ливневых вод и устройству хорошего дренажа грунта вокруг здания. Высокий уровень грунтовых вод может значительно ухудшить прочность грунтов – особенно глинистых. Несущая способность фундамента на склоне может быть меньше из-за меньшего сопротивления грунтов с одной из сторон фундамента. Чем больше угол склона, тем меньше несущая способность грунтов. Выходом при строительстве фундамента на склоне может быть террасирование склона с устройством железобетонных или габионных подпорных стенок, либо выбор конструкции ступенчатого ленточного фундамента.

Также для увеличения несущей способности грунтов на склоне и предупреждения сдвижек грунтов по склону можно использовать закрепление грунтов с помощью армирования георешетками или геосетками. Также рекомендуется заглубленное поперечное усиление грунтов на склоне, при глубинах залегания армирования до 90% от глубины заложения фундамента. При увеличении глубины заложения армирования несущая способность грунтов снижается вплоть до глубин равных двойной глубине заложения фундамента и затем становится постоянной. Минимально достаточно три уровня поперечного

армирования склона. В таблице ниже приводятся рекомендации по выбору оптимального типа фундамента для разных условий рельефа.

Таблица №8. Тип фундамента в зависимости от рельефа местности и уровня грунтовых вод.

Характер рельефа	Свайный фундамент	Ленточный фундамент	Поверхностная монолитная плита	Заглубленная монолитная плита с цокольным этажом
Равнинный	+	+	+	Требуется геологическое исследование грунта
Ровный уклон	+	+	Требуется выравнивание площадки в горизонт или террасирование	Требуется геологическое исследование грунта
Изрезанный рельефом уклон	+	Требуется геологическое исследование грунта	Требуется геологическое исследование грунта	Требуется геологическое исследование грунта
Ровные холмы	+	+	Требуется выравнивание площадки в горизонт или террасирование	Требуется геологическое исследование грунта
Изрезанные рельефом холмы	+	Требуется геологическое исследование грунта	Требуется геологическое исследование грунта	Требуется геологическое исследование грунта
Грунтовые воды				
Поверхностные	+	Требуется дренаж и водопонижение (ирригация)	+	Строительство не рекомендуется
Ниже уровня основания фундамента	+	+	+	Требуется кольцевой дренаж по периметру фундамента

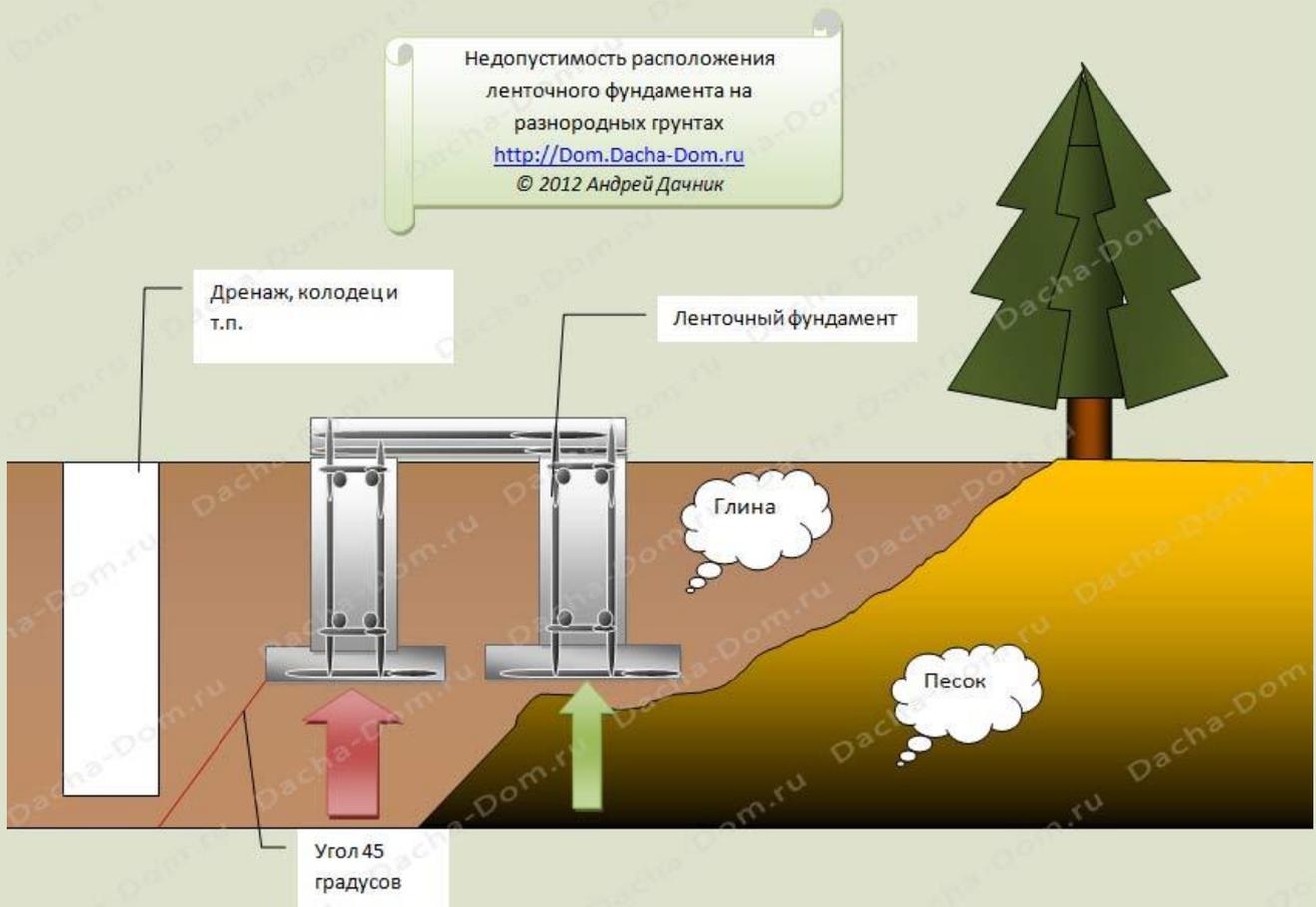
Неоднородность подлежащих грунтов

Как говорилось выше, неравномерные подвижки грунтов опасны для ленточных фундаментов. Малозаглубленный ленточный фундамент должен устраиваться на однородных плотных (слежавшихся) подлежащих грунтах. Не рекомендуется устройство малозаглубленных фундаментов на привозных (насыпных) грунтах из-за их неравномерной сжимаемости и возможности дальнейшей локальной или общей осадки. В данном случае речь не идет о тонких утрамбованных слоях (по 20 см) привозного

крупного песка, уложенных по геотекстилю поверх устоявшихся грунтов. Неоднородность подлежащих грунтов может вызвать воздействие на ленточный фундамент диспропорциональных сил морозного пучения и, как следствие, деформацию фундамента и всего строения. Ту же роль может сыграть и переменная сжимаемость грунтов основания на протяжении длины фундамента.

Но не только силы морозного пучения могут повредить фундамент на разнородных подлежащих грунтах. Еще одна опасность глины в качестве подлежащего грунта заключается в ее способности прогрессивно терять несущую способность при намокании до **50%**. (Вспомните, как сносно ездить по сухой глинистой дороге, и как вязнут колеса автомобиля на размякшей глине). Только принимая влагу, даже без замерзания, глина способна вызывать подъем грунта на величину до **75 мм**, что может пагубно отразиться на целостности фундамента при неоднородности подлежащих грунтов. Точно также вызвать движение грунтов в виде просадки могут вклинения слоев слабонесущих грунтов.

Схема №1. Схема воздействия диспропорциональных сил морозного пучения на ленточный фундамент.



Поэтому целесообразно перед устройством ленточного малозаглубленного фундамента провести контрольные бурения обычным садовым буром рядом со всеми углами планируемого ленточного фундамента, чтобы убедиться в однородности подлежащих грунтов. Об исследовании грунтов мы поговорим ниже в отдельной главе.

Большие лиственные деревья и фундамент

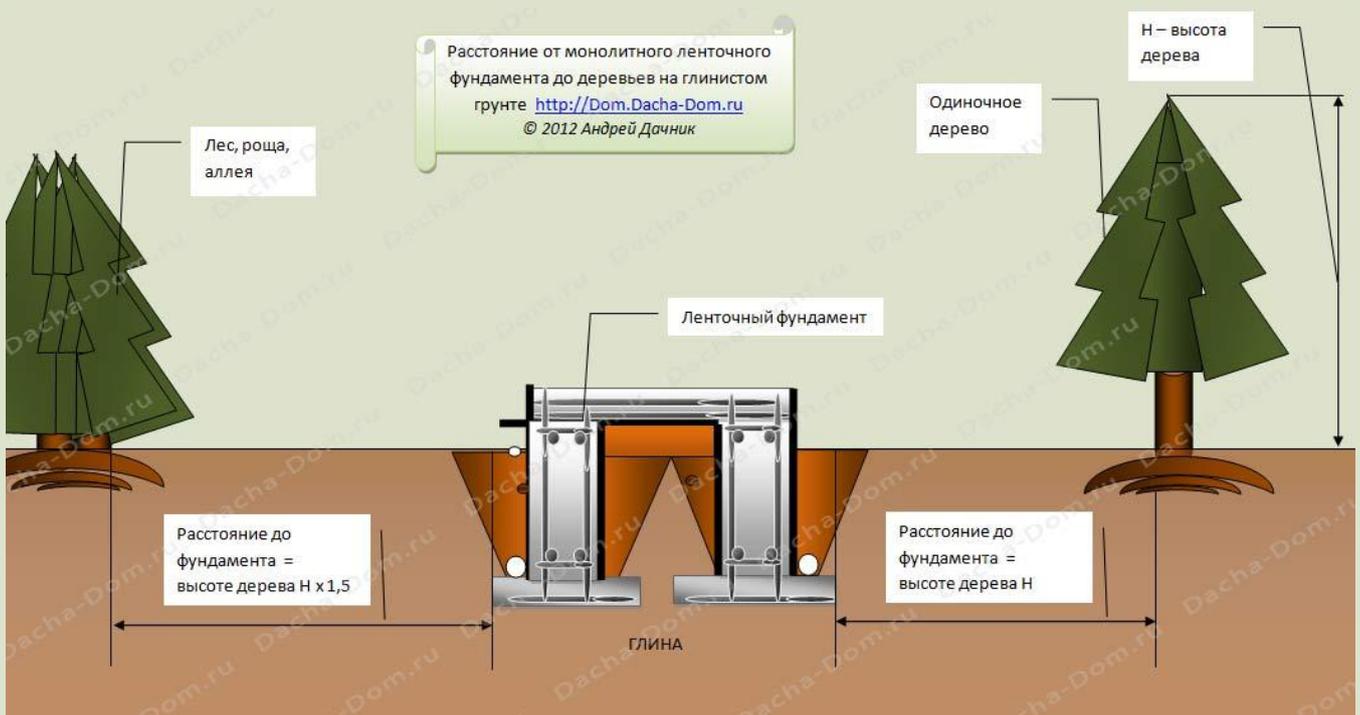
Мощные раскидистые дубы, светлые русские березы придают дому вид старинной и основательной постройки. Как красиво, когда дом находится под сенью этих замечательных деревьев. Но, увы, если у вас глинистый грунт, все это будет доступно вам и вашим внукам, лишь, если вы решите строить дом на свайном или свайно-ростверковом фундаменте.

Если же ваш выбор ленточный фундамент, и, к тому же, дом строится на глинистом пучинистом грунте, то большими деревьями вам придется пожертвовать. По крайней мере, на расстоянии от дома, равном их высоты во взрослом состоянии (**до 20-30 метров**). А если рядом с вашим домом лес или аллея, то дом на ленточном фундаменте придется отодвигать на полторы высоты взрослых деревьев. Почему?

Лиственные деревья, такие как яблоня, дуб, бук, тополь и особенно береза, забирают из грунтов огромное количество воды и испаряют ее через свои листья в атмосферу в течение растительного периода. Деревья поглощают из атмосферы углекислый газ, который соединяется с водой в листьях для производства сахара для роста растений. Этот процесс называется фотосинтезом. Кислород вместе с влагой выделяется (транспирируется) через листья.

В осенне-зимний период фотосинтез и транспирация влаги отсутствует. Из-за этого в глинистом грунте остается гораздо больше воды, чем в период вегетации деревьев. Установлено, что на суглинках уровень грунта может совершать колебания до **40-75 мм** период зима-лето. Влияние эффекта вегетации на движение глинистых грунтов и необходимость соблюдать расстояния между деревьями и постройками зафиксирована в пункте 3.2.8.2 «Эффекты вегетации» Британского стандарта BS 8004 «Фундаменты».

Схема №2. Рекомендуемые расстояния от ленточного фундамента на глинистом грунте до деревьев.



На глинистых грунтах сезонные колебания высоты грунта могут составлять до **120 - 150 мм**. Если погибает или спиливается взрослое дерево рядом с вашим домом, глинистый грунт может подняться на эту высоту. Поэтому, при постройке нового дома на ленточном фундаменте на глинистых грунтах придется создать рядом с домом «санитарную зону» или усилить фундамент сваями.

Химический состав почвы

Как это ни парадоксально, бетон не такой уж химически стойкий материал. Бетон подвержен коррозии, бетон разрушается под воздействием кислот из почвы (гуминовые кислоты на торфяных почвах или черноземе богатом перегноем), или угольной кислоты осадков (кислотные дожди близ промышленных центров), бетон разрушается под воздействием сульфатов (например, из удобрений на полях), солей магния и аммония, хлоридов морской воды.

Различают три основных вида коррозии бетона [А.Б. Голышев, 1990]. Первый тип коррозии бетона – за счет поступления с водой, фильтрующейся через бетон, различных химически агрессивных веществ, которые вызывают прямое растворение цементного камня (коррозия выщелачивания). Также через поры в бетон поступает углекислый газ из атмосферного воздуха, который также оказывает разрушающее действие на бетон и ухудшает сцепление бетона с арматурой. При образовании трещин это процесс начинает быстро прогрессировать. Также ускоренную коррозию арматуры может вызвать повышенное содержание хлоридов в бетоне. Газы могут связываться с водой и образовывать разрушающие бетон растворы. Твердые вещества, например сернистый кальций из гипсосодержащих почв, может также растворяться в воде и проникать в бетон, разрушая его.

При коррозии бетона второго типа кислоты и соли вызывают в цементном камне реакции обмена, в результате чего цементный камень превращается в массу, не обладающую вяжущими свойствами. Например, масла и жиры вступают в обменные реакции с компонентами бетона.

Стоп-халтура! У некоторых рабочих есть дурная привычка поливать бак бетоносмесителя машинным маслом во время работы, чтобы потом ее было легче чистить. Запретите им это делать строго-настрого: чтобы не испортить экологию вашего участка и сам бетон фундамента.

Третий вид коррозии вызывается отложением солей в порах бетона (например, от морской воды), увеличением объема твердого вещества и механическим разрушением структуры бетона. Такой тип коррозии вызывается в первую очередь сульфатами, растворенными в воде и вступающими в реакцию с определенными компонентами цементного камня. Бетон корродирует тем быстрее, чем больше его пористость и проницаемость. Расчетный срок службы незащищенного бетона по английским нормам составляет всего **60+ лет** [Таблица 2.1 - EN1990].

Британские строительные нормы [BS 882, BS 1047] предусматривают минимальное содержание цемента в армированном бетоне на сульфатных грунтах не менее **300 кг** в одном кубическом метре бетона при водоцементном отношении равном **0,6**. Ограничения по водоцементному отношению, необходимы для повышения прочности цементного камня благодаря низкой пористости и для оптимизации сцепления и увеличения плотности бетона зернистого заполнителя и цементного камня.

Исходя из вышесказанного, железобетонный ленточный фундамент нуждается в защите: механической изоляции от воздействий разрушающих факторов окружающей среды. Самый простой способ защиты бетона, который заодно уберет бетон от разрывов замерзающей в его порах водой, это качественная многослойная гидроизоляция, об устройстве которой мы поговорим в отдельной главе ниже.

Способы коррекции неудовлетворительных свойств грунтов

Если вам не повезло, и у вас на участке подлечит грунт с неудовлетворительными свойствами, которые могут создать в дальнейшем угрозу целостности фундамента и здания, то можно попытаться исправить ситуацию (после консультации со специалистом) одним из следующих способов:

1. Грунт можно уплотнить трамбованием, укаткой катком, устройством грунтовых свай.
2. Грунт в основании фундамента можно полностью или частично заменить подушками из песка, гравия, или щебня.
3. Можно устроить и утрамбовать насыпи на грунте поверх уложенного геотекстиля. Щебеночные (крупнообломочные) и песчаные насыпи самоуплотняются за **3 - 12 месяцев**, глинистые – за **24 - 60 месяцев**. Срок самоуплотнения песчаных отвалов и свалок – от 24 до 120 месяцев, каменистых крупнообломочных – **12 - 60 месяцев**, глинистых – **120 – 360 месяцев**.
4. Грунт можно армировать введением специальных пленок или сеток.

Подземные воды и возможность подтопления

При выборе типа фундамента и его проектировании нужно учитывать наличие или возможность появления подземных вод (в том числе высоту зоны капиллярного поднятия в глинистых грунтах над уровнем подземных вод). Фундамент должен быть спроектирован так, чтобы любой (неожиданно понизившийся или повысившийся) уровень грунтовых вод не оказал воздействия на его стабильность. При высокой вероятности постоянного контакта с водой бетон должен быть высокой плотности (подбор водоцементного соотношения и вибрирование при укладке) для уменьшения пористости. Также необходима качественная гидроизоляция бетона. Но вода в грунте может быть не только фактором, способствующем коррозии через растворенные химические вещества (кислоты, сульфаты) или при замерзании и образовании льда, способного вызвать расслоение бетона при замерзании в его полостях и порах. Вода в грунте с одной стороны способна снижать несущую способность грунтов.

При подъеме уровня грунтовых вод могут происходить дополнительные осадки грунтов и фундаментов в случаях, когда здания были запроектированы без учета возможного полного водонасыщения грунтов под фундаментами. Кроме повышения уровня грунтовых вод, существенную роль в изменении несущих способностей грунтов может внести периодические подтопления территорий.

Подтопленные территории

Подтопленные территории характеризуются периодическим или разовым подъемом из-за природных или техногенных факторов уровня грунтовых вод или влажности грунтов до критических значений при которых отсутствуют необходимые условия строительства или эксплуатации как отдельных зданий, так и территории в целом.

Потенциально подтопляемые территории - это такие территории, на которых возможно увеличение влажности грунтов в результате строительных работ или иных антропогенных воздействий. Причинами для подтопления территорий может быть как избыток поступления на территорию вод, так и затруднение их оттока. Факторы, способствующие этому, могут быть как природного происхождения, так и техногенного. Природные факторы, способствующие подтоплению – это низменное положение, плохая дренированность грунтов, высокое расположение водоупорного слоя, подпор от рек и естественных водоемов, ловушки рельефа.

К техногенным факторам подтоплений относят подпор подземных вод от хранилищ, массивов орошения, крупных каналов, промышленных предприятий с большим потреблением воды, находящихся за пределами населенного пункта (главным образом, вверх по потоку подземных вод), от крупных технологических накоплений, полей фильтрации. Возможны и утечки из водонесущих коммуникаций, задержка поверхностных и грунтовых вод зданиями и сооружениями (барражный эффект).

Близость подземных вод от каналов, рек, озер и других водоемов, наличие рядом гидроэлектростанций, плотин и дамб, полей фильтрации от очистных сооружений, подземные магистральные водопроводы должны насторожить вас в отношении существующего или возможного высокого уровня грунтовых вод. Водонасыщение грунта приводит к ухудшению деформационных характеристик грунта, и создает возможность для локальной осадки грунта.

Таблица №9. Глубина заложения фундаментов зданий с холодными подвалами и техническими подпольями в зависимости от глубины расположения уровня подземных вод и глубины сезонного промерзания.*

Грунты под подошвой фундамента, залегающие на глубину не менее нормативной глубины промерзания	Глубина заложения фундаментов в зависимости от глубины расположения уровня подземных вод и глубины сезонного промерзания	
	Уровень глубины подземных вод выше уровня глубины промерзания грунта + 2 метра	Уровень глубины подземных ниже уровня глубины промерзания + 2 метра
Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности	не зависит от глубины промерзания грунта	не зависит от глубины промерзания грунта
Пески мелкие и пылеватые	не менее глубины промерзания грунта	не зависит от глубины промерзания грунта
Супеси	не менее глубины промерзания грунта	не зависит от глубины промерзания грунта
Суглинки, глины, а также крупно-обломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем	не менее глубины промерзания грунта	Не менее ½ глубины промерзания грунта

* Таблица адаптирована на основании таблицы №2 п. 2.30 СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений».

При планировании фундамента для дома на потенциально подтопляемых территориях уровень подземных вод принимается на **0,5 - 1 м** выше фактического. При высоком уровне грунтовых вод или возможных повышении при сезонных колебаниях для ленточного фундамента следует предусмотреть мероприятия по водопонижению: устройство водопонизительных скважин, водоотливов и подземное водоотведение (дренирование) и качественную гидроизоляцию подземных поверхностей бетонных

конструкций. При этом надо учитывать, что водопонижение в слабых глинистых грунтах, торфах и илах неминуемо приведет к осадке грунтов.

Таблица № 10. Связь уровня грунтовых вод со степенью морозного пучения грунтов.

Тип грунта	Уровень грунтовых вод ниже расчетной глубины промерзания, м			
	Слабая пучинистость	Средняя пучинистость	Сильная пучинистость	Чрезмерная пучинистость
Мелкие, пылеватые пески	0,5			
Супеси	1	0,5	0,3	<0,3
Суглинки	1,5	1	0,7	<0,7
Глины	2	1,5	1	<1

Также, при высоком уровне грунтовых вод, попадающем в глубины нормативного промерзания грунта, фундамент рекомендуется закладывать на глубину не менее нормативной глубины промерзания. Однако исполнение этого требования может сделать строительство ленточного фундамента экономически невыгодным. Если ваш дом планируется строить на участке с высоким уровнем грунтовых вод, с возможностью сезонного подтопления при таянии снегов или разлива водоемов, при потенциальной возможности техногенного подтопления целесообразнее рассмотреть возможность постройки свайного или свайно-ростеркового фундамента.

Таблица №11. Соотношение высоты открытого свайного фундамента и материала свай для одноэтажных построек в зонах подтопления и затопления при возможных ураганных ветрах.*

Высота (длина) свай (м)	Прибрежная зона застройки с 1% вероятностью наводнений с вероятностью воздействия штормовых волн	Прибрежная зона застройки с 1% вероятностью наводнений	Не прибрежная зона застройки с 1% вероятностью наводнений
1,2 – 2,4	A,B,C,H	A,B,C,D,G,H	A,B,C,D,E,G,H
2,4 – 3	A,B,C,H	A,B,C,G,H	A,B,C,G,H
3,0 – 3,7	B,C,H	B,C,G,H	B,C,G,H
3,7 – 4,6	B,C,H	B,C,H	B,C,H

A = Расчленимые антисептированные деревянные сваи

B = Стальные сваи-трубы с заполнением армированным бетоном и ростверком

C = Антисептированные деревянные сваи с железобетонными колоннами и ростверком

D = Железобетонные колонны и ростверк

E = Столбчатая армированная каменная (кирпичная) кладка с подполом

F = Армированная каменная (кирпичная) кладка – подпорная стенка

G = Железобетонные колонны и ростверк с интегрированной железобетонной плитой перекрытия

H = Антисептированные деревянные сваи с железобетонными колоннами, расчалками и ростверком

* По данным U.S. Federal Emergency Management Agency, www.fema.gov

В зонах возможного подтопления талыми водами рек и водоемов целесообразно строить дома на поднятых выше потенциального уровня затопления (подъема воды) монолитных бетонных сваях. Это так называемый открытый тип свайного фундамента. Открытые свайные фундаменты рекомендуются американским МЧС (Federal Emergency Management Agency – FEMA) к постройке в зонах возможных затоплений и подтоплений. При этом основание свай должно располагаться ниже глубины возможной эрозии или размыва.

Сейсмическая опасность

В районах с землетрясениями силой до **7 баллов** (сейсмичностью до **7 баллов**) фундаменты проектируются без учета сейсмической опасности [пункт 10.1 СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений»]. Для проектирования фундамента в сейсмических районах следует обратиться к СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».

Нельзя использовать в качестве оснований сейсмостойких сооружений без проведения предпостроечных мероприятий водонасыщенные грунты, способные к виброразжижению.

Основание фундамента здания в сейсмическом районе должно лежать в единой плоскости. Ленточные фундаменты примыкающих частей отсеков здания должны иметь одинаково заглубление на протяжении не менее **1 м** от осадочного шва. Столбчатые фундаменты, разделенные осадочным швом, должны располагаться на одном уровне. Фундаментные блоки следует укладывать в виде непрерывной ленты. По верху сборных ленточных фундаментов следует укладывать слой раствора марки **100** толщиной не менее **40 мм** и продольную арматуру диаметром **10 мм** в количестве - **три, четыре и шесть** стержней при расчетной сейсмичности **7, 8 и 9 баллов** соответственно. Через каждые **300 - 400 мм** продольные стержни должны быть соединены поперечными стержнями диаметром **6 мм**. При вязке арматуры концы хомутов необходимо загнуть вокруг стержня продольной арматуры и заводить внутрь бетонной отливки не менее чем на **6 диаметров** хомута.

Карта №1. Сейсмические зоны Европейской части России



II. Конструкция ленточных фундаментов

Существует много вариантов конструктивных решений для малозаглубленных ленточных фундаментов. Исторически малозаглубленные ленточные фундаменты трансформировались из достаточно глубоко заглубленных траншейных фундаментов, «обмелевшие» потомки которых еще встречаются в самостройных решениях в южных регионах России. Траншейные фундаменты использовались в основном до конца XIX века и представляли собой заполненные бутовой, кирпичной или бутово-кирпичной кладкой на глине траншеи. На таком фундаменте, например, построен Большой Петергофский дворец.

Фотография №1. Фундамент Большого Петергофского дворца во время работ по его усилению.



Ни о каком армировании в ранних вариантах траншейных ленточных фундаментов речи не шло. Фундаменты, сделанные из бутового камня или кирпича, представляли собой так называемые «гибкие» фундаменты по принципу цепной кладки. Каждый камень в такой кладке рассматривается как своего рода балка на двух опорах, на конце которой расположены шарниры. Огромное количество таких «шарниров» делает фундамент гибким в определенных пределах. Такие фундаменты способны под нагрузкой неравномерно изгибаться без разрушения. В настоящее время в английской строительной литературе рекомендуется устройство траншейного фундамента в виде подушки для постройки ленточного фундамента на нестабильных, слабонесущих грунтах. Выполняется такая подушка в виде сплошной заливки бетоном заглубленной траншеи сечением **65 см x 75 см** на уровне глубины промерзания грунта. В дальнейшем поверх этой подушки отливается или выкладывается собственно ленточный фундамент здания. В извращенном виде эта технология встречается и сегодня: самодеятельные строители отрывают неглубокую узкую траншею, заливают ее бетоном без всякого армирования и возводят на таком «фундаменте» дом. Сохранить целостность эта конструкция может только на непучинистых грунтах. Появление портландцемента, развитие технологий армированных бетонов позволяют нам строить более технологичные и менее объемные ленточные фундаменты.

Варианты конструкции ленточного фундамента

В условиях сложных грунтов (пучинистых, просадочных) хорошим вариантом конструкции ленточного малозаглубленного фундамента является монолитный железобетонный фундамента. Монолитный фундамента в сложных грунтовых условиях обладает большей механической прочностью по сравнению со сборными ленточными фундаментами из бетонных блоков или кирпича. Монолитные ленточные фундамента, которые по сути своей являются армированными балками, связанными в единую жесткую пространственную раму, лежащую на пружинистом основании, гораздо лучше противостоят всевозможным нагрузкам по сравнению со сборными ленточными фундаментами.

Свод правил по проектированию и строительству «Проектирование и устройство оснований и фундамента зданий и сооружений» (СП 50-101-2004) определяет следующие виды конструкции ленточных малозаглубленных фундамента:

Таблица №12. Минимальное допустимое упрощение конструкции малозаглубленных ленточных фундамента в зависимости от пучинистости грунтов подлежащего основания.

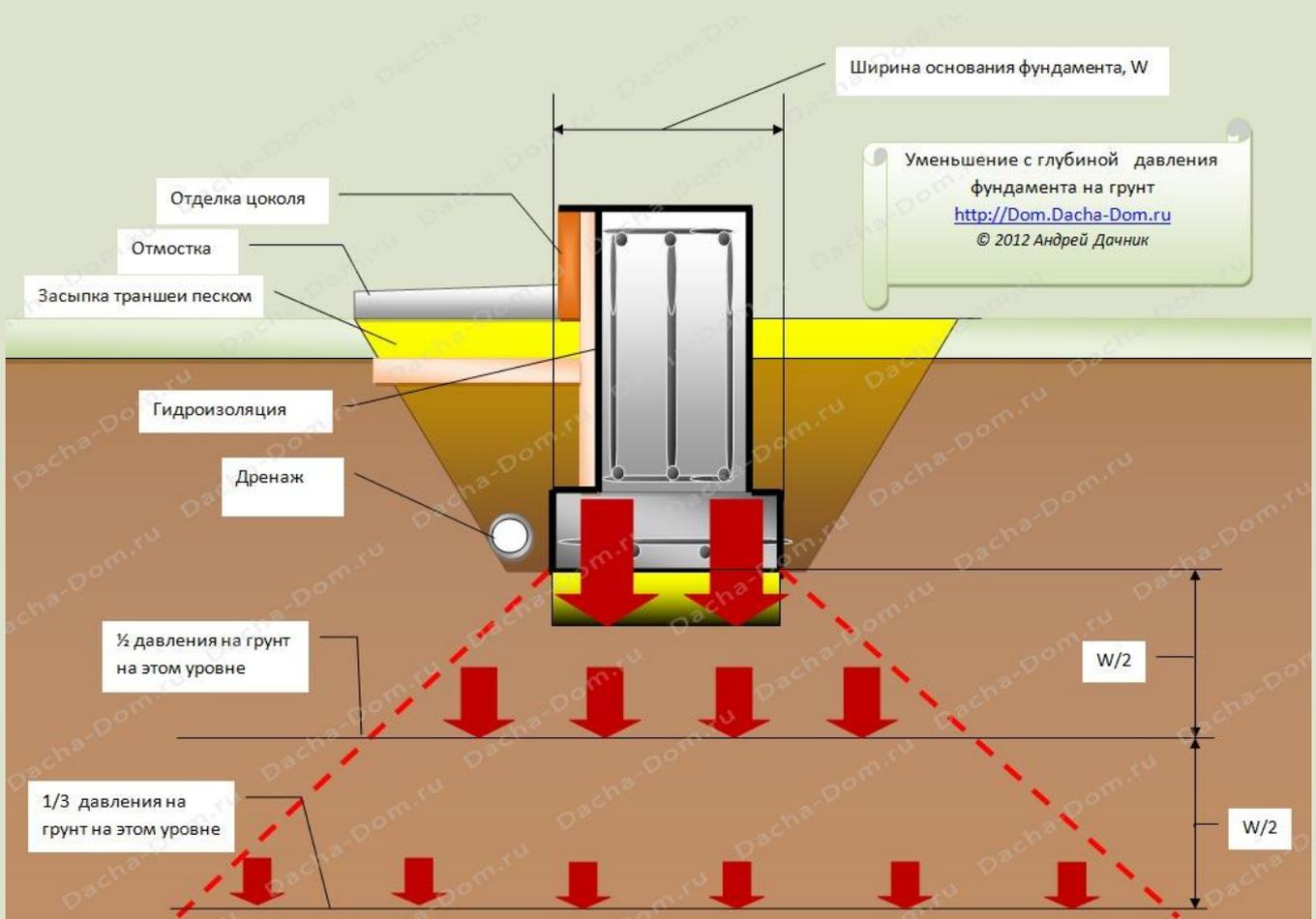
Степень пучинистости грунта (ГОСТ 25100)	Пример грунта (требует исследований для принятия решения о классификации)	Минимальное допустимое упрощение конструкции малозаглубленных ленточных фундамента
Практически непучинистые грунты	Твердые глинистые грунты, мало водонасыщенные гравелистые, крупные и средние пески, мелкие и пылеватые пески, а также пески мелкие и пылеватые, содержащие менее 15 % по массе частиц мельче 0,05 мм. Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 %	Из сборных бетонных блоков, укладываемых без соединения между собой
Слабопучинистые грунты	Полутвердые глинистые грунты, средне водонасыщенные пылеватые и мелкие пески, крупнообломочные грунты с заполнителем (глинистым, песком мелким и пылеватым) от 10 до 30 % по массе	Из сборных бетонных блоков, укладываемых без соединения между собой
Среднепучинистые грунты	Тугопластичные глинистые грунты. Насыщенные водой пылеватые и мелкие пески. Крупнообломочные грунты с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе	Из сборных железобетонных блоков, содержащих выпуски арматуры (выпуски соседних блоков соединяют, стыки замоноличивают бетоном). Сборно-монолитные фундамента всех стен должны быть жестко связаны между собой и объединены в систему перекрестных лент.
Сильнопучинистые и чрезмернопучинистые грунты	Мягкопластичные глинистые грунты. Насыщенные водой пылеватые и мелкие пески.	Из монолитного железобетона, на бетонной подушке, на подушке из непучинистых материалов. Монолитные фундамента всех стен должны быть жестко связаны между собой и объединены в систему перекрестных лент. Усиление постройки армированными или железобетонными поясами, устраиваемыми в уровне перекрытий и над проемами верхнего этажа

Если вы не уверены, на каком типе грунта будет строиться фундамент вашего дома, то выбирайте монолитную конструкцию железобетонного ленточного фундамента.

Любой вид малозаглубленного ленточного фундамента устраивается в отрытой в грунте на определенную глубину траншеи. Во избежание водонакопления и осыпки стенок траншей отрывку их следует производить после подготовки всех строительных материалов, для незамедлительного начала работ после отрывтия траншей. Если подлежащие грунты избыточно сжимаемы на глубину зоны планируемой компрессии от фундамента, либо объем грунтов сильно зависит от водонасыщения (торф), то такие грунты подлежат удалению и замене малосжимаемыми грунтами (крупный песок, песчано-гравийная смесь).

Глубина планируемой компрессии грунтов от фундамента определяется по представленной ниже схеме:

Схема №3. Зона компрессии грунтов под основанием фундамента.

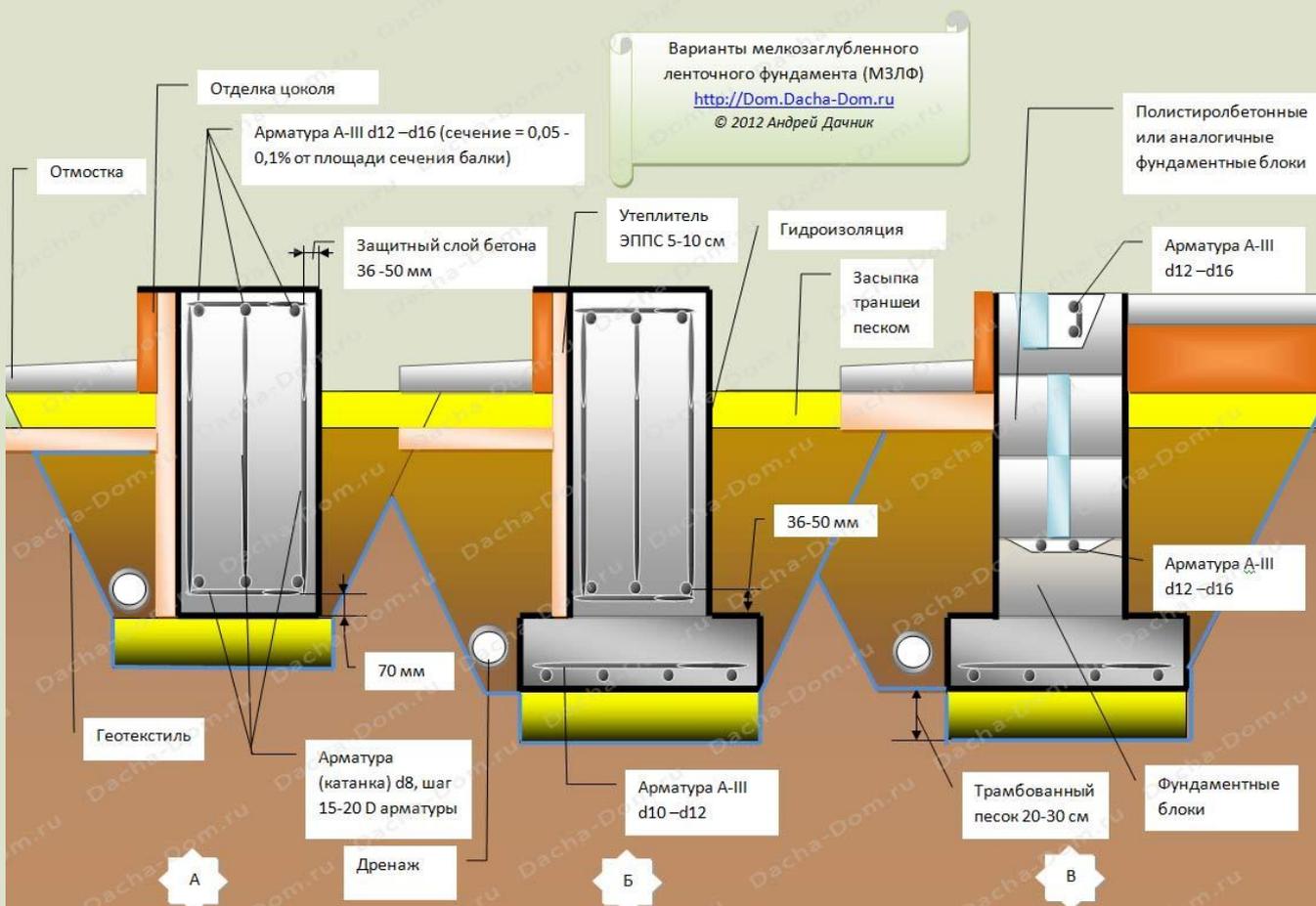


Зона компрессии грунтов от основания ленточного фундамента находится в секторах по **45 градусам** вертикально вниз по обе стороны от вертикальной оси ленточного фундамента. Величина давления на грунт от фундамента убывает с расстоянием: на глубине равной половине ширины основания ленточного фундамента (бетонной подушки) из-за распределения на большую площадь, удельное давление на грунт падает на $1/2$. На глубине равной ширине основания фундамента удельное давление на грунт падает на $2/3$.

При производстве работ по рытью траншеи под ленточный фундамент, слежавшийся грунт основания может быть взрыхлен как лопатами, так и ковшом экскаватора. Также при рытье, на дно траншеи падает некоторое количество рыхлого грунта со стенок траншеи. Поэтому очень важно уплотнить дно траншеи вибротрамбованием. Если этого не сделать, то усадка грунта на дне траншеи может составить **1,5 см** только на первых **15 см** глубины грунта под фундаментом. Вторая ловушка с осадкой грунта сопряжена с подсыпкой чрезмерно заглубленных траншей. Когда избыточную выбранную глубину заполняют грунтом, его плотность в среднем вполонину меньше, чем у слежавшегося грунта. Поэтому выравнивание траншеи по глубине (планировку) надо производить крупным или средним песком с утрамбовкой. Разжиженное дождем основание траншеи уплотняется мелким гравием, щебнем или тощим бетоном.

В современном строительстве траншею выстилают геотекстилем, чтобы предупредить смешивание дренажной смеси, которая будет заполнять траншею, с окружающим грунтом и предупредить быстрое заиливание дренажной смеси и дренажных труб. Поверхность основания, сложенного глинистыми грунтами, должна быть выровнена подсыпкой из среднего или крупного песка толщиной **5 - 10 см**. Поверхность песчаного основания планируют без подсыпки.

Схема №4. Варианты конструкции ленточных фундаментов.



На дне траншеи на определенной глубине устраивается песчаная подушка. Требования британских норм оговаривают достаточную толщину песчаной подушки под ленточным фундаментом как **20 см**. В отечественной литературе [В.С. Сажин, 2003] толщина песчаной подушки определяется в диапазоне от **30**

см до 60 см (и даже 80 см) в зависимости от типа грунтов. В приложении №2 к старому СНиП II-V.8-71 «Полы. Нормы проектирования» для полов по грунту толщина подстилающего слоя в виде песчаной подушки была регламентирована высотой не менее 60 см.

Чем толще песчаная подушка под основанием ленточного фундамента, тем меньше будет деформация пучения основания. В ведомственных строительных нормах ВСН 29-85 «Проектирование мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных сельских зданий на пучинистых грунтах» соотношение толщины песчаной подушки и ширины ленточного фундамента принимается до 3 к 1. То есть, противопучинистая песчаная подушка может быть толще ширины основания ленточного фундамента в три раза.

В любом случае песчаная подушка должна быть тщательно утрамбована послойно при укладке, чтобы не допустить дальнейшей осадки и деформации фундамента. При устройстве песчаной подушки материал отсыпается слоями толщиной не более 20 см и уплотняется катками или площадочными вибраторами до плотности не менее 1,6 т/м³ [пункт 6.2 ВСН 29-85].

По поводу популярной методики уплотнения песчаной подушки проливкой водой следует сказать особо: хотя СП 50-101-2004 описывает технологию уплотнения грунта основания замачиванием, при проливке водой песчаной подушки, уложенной в траншею, **грунтовое основание может быть размыто водой**. Такой метод может принести больше вреда, чем пользы. Недаром в пункте 4.9.2 ТСН 50-302-96 говорится следующее: *«При наличии в основании подушки грунтов с неустойчивой структурой (пылеватые супеси, ленточные суглинки и т.п.) пески должны увлажняться до укладки их в котлован или траншею. При устройстве подушки из гравия дополнительного увлажнения не требуется»*. Увлажнение песка до укладки также будет способствовать вымыванию глинистых и илистых примесей, которым не место в основании фундамента.

Мелкий и пылеватый песок для подлежащей подушки не используют. На слабонесущих грунтах может устраиваться песчано-щебеночная (песчано-гравийная) подушка (смесь песка крупного или средней крупности - 40 %, щебня или гравия - 60 %) [пункт 8.7 СП 50-101-2004]. Подушка из гравия (щебня) практически не усаживается после того как ее уложили, и способна вынести без дальнейшей осадки без специальной трамбовки вес деревянного или каркасного дома. Для более тяжелых строений рекомендуется трамбовать и песчано-щебеночные подушки.

Стоп-халтура! Некоторые рабочие используют вместо подушки из песка под фундамент замок из глины. Они набивают в траншею глину, потому что глина, по их мнению, предохранит фундамент от поступления воды «снизу». Подобные рекомендации встречаются даже в некоторых популярных книгах про фундаменты. Однако, нужно понимать, что с помощью такой манипуляции вода действительно задерживается – в толще глиняной подушки. Тем самым увеличивается пучинистость подлежащего грунта.

Песчаная подушка играет несколько важных ролей в конструкции ленточного фундамента: она отводит воду из-под основания фундамента, и тем самым снижает действие сил морозного пучения. Песчаная подушка равномерно передает нагрузку от фундамента на подлежащий грунт, увеличивает расчетное сопротивление основания и служит для его выравнивания. Очень важно предусмотреть укладку геотекстиля перед засыпкой песка или песчано-гравийной смеси. Геотекстиль предохранит материал подушки от заиливания окружающим пучинистым грунтом при высоком уровне грунтовых вод.

При наличии подвальных помещений следует предусмотреть связь бетонной подушки и тела ленты фундамента вертикальным армированием или устройством профилированного соединения «шип-паз» (для бетонных блоков) между телом ленты фундамента и бетонной подушкой.

Верхняя поверхность ленточного фундамента также должна быть гидроизолирована. При устройстве сборного ленточного фундамента на сильнопучинистых и чрезмернопучинистых почвах поверх фундаментных блоков должно быть выполнено усиление конструкции армированным или железобетонным поясом.

При постройке каркасной стены, в тело ленты фундамента при бетонировании должны быть замоноличены анкера (шпильки с резьбой) для связи фундамента и каркасных конструкций стен. Также наличие анкеров с резьбой для крепления вертикальной арматуры, связывающей фундамент с межэтажным армпоясом, может требоваться по некоторым технологиям постройки стен из ячеистых бетонов. Предварительно согнутые выпуски арматуры из тела фундамент необходимы для связи фундамента с монолитным перекрытием и монолитными стенами (если они планируются). Стена здания по британским нормам должна быть центрирована по центру фундаментной ленты [BR 2010 A1/2.2E2-a], что особенно актуально при центрировании плит перекрытий и мауэрлата стропильной системы. Отечественные нормативы допускают эксцентрическое положение стен.

Ленточный монолитный фундамент на песчаной подушке. (Вариант «А» на схеме №4). Самый простой и распространенный вариант ленточного монолитного фундамента на песчаной подушке. Поверх песчаной подушки укладывается слой гидроизоляции (толстая полиэтиленовая пленка или битумно-полимерный рулонный материал) и в опалубке, после выполнения армирования, отливается сама лента фундамента. Хотя мы подробно будем говорить об особенностях армирования ленточного фундамента ниже, обратите внимание на толщину защитного слоя бетона ленты со стороны песчаной подушки. Требования отечественных норм [пункт 12.8.5 СП 50-101-2004] и американских норм Института бетона ACI 318 почти единодушны – толщина защитного слоя бетона со стороны песчаной подушки должна быть **70 мм (76 мм по ACI 318)**. При использовании бетонной подготовки (или на скальном грунте) – толщина бетонного защитного слоя снижается в отечественных нормах [СП 52-101-2003] до **35-40 мм**, а в американских [ACI 318] до **25мм**.

Дальнейшие работы на фундаменте начинаются после того, как бетон наберет **50%** от марочной прочности. При средней температуре воздуха **+20°C** такая марочная прочность бетона на портландцементе достигается на **3-4 сутки**. (**70%** - в течение **6-10 суток** и **100%** в течение **28 суток**). Несмотря на бытующие в среде народных строителей предубеждения о необходимости выждать **28 суток**, при наборе **50%** марочной прочности бетоном на нем можно начинать производить работы (в том числе и постепенно нагружать кладкой стен). Гарантированно безопасная отметка начала работ – набор бетоном **70%** расчетной прочности. Отметим, что при среднесуточной (а не дневной) температуре **+10 °C** срок набора **50%** прочности бетоном растягивается до **5-6 суток**. Подробнее мы рассмотрим особенности бетонирования ленточных фундаментах ниже.

После того как бетон наберет марочную прочность как минимум **50%**, ленту фундамента можно покрывать постоянной наружной вертикальной и горизонтальной битумно-полимерной гидроизоляцией. Вертикальную гидроизоляцию наружных стен следует во всех случаях поднимать выше на **0,5 м**

наибольшего прогнозируемого уровня подземных вод. Более подробно о нормативных безопасных сроках снятия опалубки написано разделе «Опалубка» главы «Строительство фундамента».

Конструкция узлов при прохождении коммуникаций через гидроизоляцию должна обеспечить герметичность. Все гильзы трубопроводов и кабелей, проходящие через гидроизоляцию, должны быть металлическими. Число слоев обмазочной (окрасочной) гидроизоляции назначают в зависимости от категории сухости подземного помещения, трещиноватости изолируемых конструкций и напора подземных вод. Наплавляемую гидроизоляцию из битумно-полимерных рулонных материалов и листовых полимерных материалов применяют в случаях, когда использование окрасочной и штукатурной гидроизоляции не обеспечивает водонепроницаемость сооружений, при высоком уровне грунтовых вод и сильном их подпоре. При наплавляемой гидроизоляции необходимо обеспечивать сплошной слой защиты по всему периметру фундамента.

После проведения работ по гидроизоляции, фундамент утепляется со стороны улицы экструдированным пенополистиролом и вокруг фундамента устраивается кольцевой дренаж. Продольные уклоны дренажей должны обеспечить скорость воды в трубах, при которой не происходит их заиливание. Для глинистых грунтов рекомендуется принимать уклон не менее **0,002**, а для песков - не менее **0,003**. Для обеспечения фильтрационной способности трубчатых дренажей, а также дренажных галерей предусматривают обсыпку из дренирующих материалов (щебня, гравия, песка или их смесей) толщиной не менее **30 см**, изолированной от грунтов геотекстилем.

По требованиям пункта 4.25 ВСН 29-85 ширина засыпаемых песком (непучинистым грунтом – крупным и средним песком, щебнем, гравием) пазух вокруг ленточного фундамента определяется в зависимости от глубины промерзания грунтов и от их дренажных свойств. В грунте обратной засыпки в пределах **60 см** от стены дома не должно быть твердых включений размером более **250 мм**.

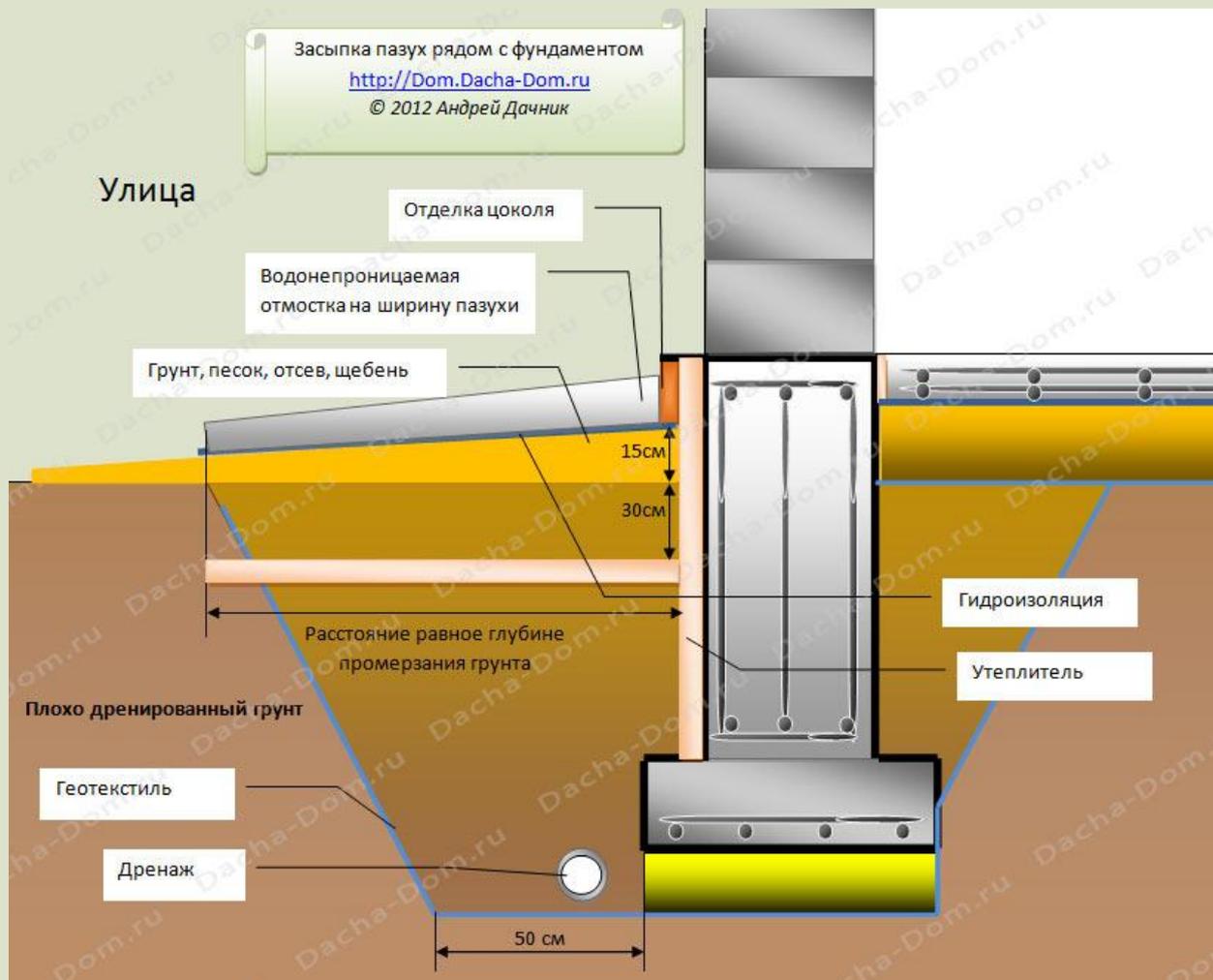
При условии хорошей дренированности грунта, или при устройстве кольцевого дренажа, и при глубине промерзания грунтов до **1 м** ширина пазухи может составлять всего **0,2 м**. При глубинах промерзания грунта от **1 до 1,5 м** минимально допустимая ширина пазухи составляет не менее **0,3 м**. На грунтах с глубиной промерзания от **1,5 до 2,5 м** пазуху желательно засыпать на ширину не менее **0,5 м**. Глубина засыпки пазух в данном случае принимается не менее $\frac{3}{4}$ глубины заложения фундамента, считая от планировочной отметки.

При плохой дренированности грунта и невозможности отвода воды из непучинистого грунта, засыпку пазух можно рекомендовать на ширину, равную на уровне подошвы фундамента **0,25 - 0,5 м**. От основания фундамента ширина пазухи должна увеличиваться и на уровне поверхности земли (планировочной отметки) быть равной глубине промерзания грунта.

Рекомендуется засыпать пазухи только не мерзлым грунтом, слоями толщиной не более **20 см**, с тщательным трамбованием каждого слоя в отдельности. При выполнении работ по обратной засыпке пазух и котлованов следует предусмотреть меры, позволяющие избежать повреждения дренажных труб, стен подвалов и нанесенных на них теплоизоляционных, влагоизоляционных, гидроизоляционных и пароизоляционных слоев. Использовать при засыпке пазух в одном слое грунты разных типов не допускается, если это не предусмотрено проектом [пункт 4.2 СНиП 3.02.01-87]. В пределах обратной засыпки твердые включения, должны быть равномерно распределены в отсыпаемом грунте и

расположены не ближе **0,2 м** от фундамента. Пазуха, засыпанная непучинистым грунтом, должна быть обязательно укрыта поверхностной водонепроницаемой отмосткой (жесткой или мягкой с гидроизоляцией) для отвода осадков, поступающих с кровли.

Схема №5. Размеры засыпаемых пазух на плохо дренированных грунтах или при невозможности водоотвода



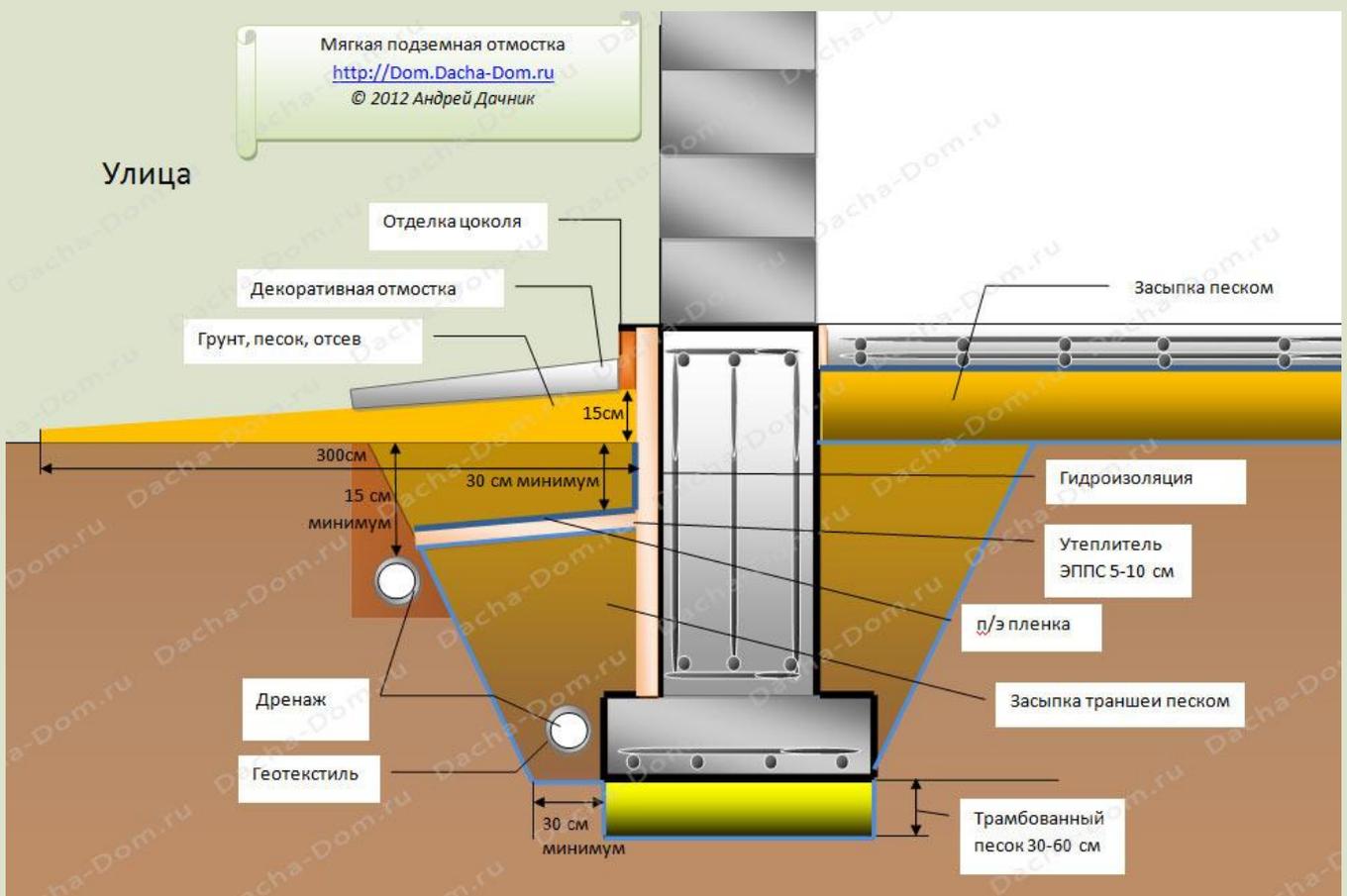
В обычных условиях при наличии дренажа пазухи в грунте засыпаются крупным или средним песком (в смеси с керамзитом фракции **10-20** или без него), щебнем, гравием. Засыпка пазух непучинистым грунтом и его уплотнение должны выполняться с обеспечением сохранности гидроизоляции фундамента и подземных коммуникаций (кабелей, трубопроводов). Работы по засыпке пазух следует производить сразу после устройства гидроизоляции и утепления фундамента. Не допускается оставлять открытыми пазухи длительное время. Засыпку пазух рекомендуется доводить до отметок, гарантирующих надежный отвод поверхностных вод. В зимних условиях грунт для засыпки пазух должен быть талым. Засыпанный песок требуется уплотнить [пункт 6.4 ВСН 29-85]. После окончания работ по устройству фундаментов следует незамедлительно закончить вокруг здания планировку с обеспечением стока атмосферных вод от здания и устройством отмосток. Не допускается оставлять мелкозаглубленные (незаглубленные) фундаменты незагруженными на зимний период. Если это условие по каким-либо обстоятельствам оказывается невыполнимым, вокруг фундаментов следует устраивать временно теплоизоляционные

покрытия из опилок, шлака, керамзита, шлаковаты, соломы и других материалов, предохраняющих грунт от промерзания. Запрещается устраивать мелкозаглубленные фундаменты на промерзшем основании. В зимнее время допускается устраивать ленточные фундаменты только при условии глубокого залегания грунтовых вод с предварительным оттаиванием мерзлого грунта и обязательной засыпкой пазух непучинистым материалом. Поверх засыпки устраивается кольцевое утепление грунта и мягкая (щебень, керамзит, грунт) или жесткая (мощение, отливка) отмостка.

Дренаж

Требования к устройству дренажного уклона предъявляются в пункте 5.10.3 ВСН 29-85: грунт обратной засыпки должен быть утрамбован и уложен с уклоном от дома для предотвращения стока поверхностных вод к стенам подвалов. Правда, конкретных параметров дренажного уклона почвы в строительных нормах не задается. Их можно найти в Международном строительном коде. По нормам пункта R401.3 IBC/IRC-2012, вокруг фундамента должен быть устроен дренажный уклон почвы минимальной шириной **3 метра** от фундамента и высотой падения **15 см**. Если уклон такого размера создать невозможно из-за естественных препятствий, требуется создать уклон **5%** на первом метре вокруг фундамента и подземный кольцевой дренаж с уклоном **2%**.

Схема №6. Схема дренажного профилирования грунта и устройства «мягкой» подземной утепленной отмостки.



По требованиям пункта 5.7.4 СП 31-105-2002 уложенные дренажные трубы сбоку и сверху на высоту не менее **15 см** должны засыпаться дренирующим материалом (щебнем или крупнозернистым песком) с содержанием частиц размером менее **4 мм** не более **10 %** по массе. Толщина этого слоя под подошвой фундамента должна быть не менее **12,5 см**, а в плане слой должен выступать на **30 см** за наружные грани фундамента. На увлажненных строительных площадках, где часть материала дренажного слоя втапливается в грунт, следует увеличивать толщину этого слоя с таким расчетом, чтобы толщина незагрязненного грунтом основания слоя составила не менее **12,5 см** либо использовать геотекстиль.

При необходимости вывести на наружные стены поливочные краны водопровода, их располагают на стенах здания на высоте **35 - 60 см** от уровня планировки и дополнительно защищают отмостку водонепроницаемым желобом под краном шириной **20 - 25 см**, обеспечивающий отвод воды от здания через отмостку в ливнесточную сеть. Отвод воды с кровли осуществляется наружными или внутренними водостоками, отводящими воду в ливневую канализацию.

Отмостка

О популярной в среде отечественных самостройщиков массивной бетонной отмостке хочется сказать особо. Ее исключительная роль в водоотведении и защите фундамента от сил морозного пучения сильно преувеличена. Без должного кольцевого дренирования фундамента, вода без проблем проникнет к ленте фундамента, даже если она благодаря отмостке будет попадать в грунт в метре от постройки. В особых условиях при плохой дренированности грунтов и широкой засыпке пазух на глубину промерзания (как мы видели выше) действительно нужна широкая отмостка на ширину, равную глубине промерзания грунта, чтобы закрыть засыпанный слой дренажного грунта.

В обычных условиях бетонная отмостка без утепления подлежащего грунта также не способна снизить его промерзание. С другой стороны, при наличии подземного утепления грунта (еще и прикрытого слоем гидроизоляции) и кольцевого дренирования фундамента, бетонная отмостка становится фактически бесполезной.

Действительная роль отмостки — это создание дорожки для прохода вокруг дома, защита от прорастания растений и струй воды с кровли, размывающих почву, и... пожалуй все. Не нужно тратить деньги и силы на грандиозные отмостки толщиной по **15-20 см** — они бессмысленны (если, конечно, вы не проводите свое свободное время, катаясь на танке вокруг дома). Если же вы отливаете армированную сварной арматурной сеткой бетонную отмостку, то для нее достаточно толщины **8-9 см** (а не **2-3 см** как рекомендуется в некоторых руководствах). Можно сделать аккуратное мощение брусчаткой или камнем, или засыпать вокруг дома щебень, мраморную крошку или керамзит поверх заглубленной мягкой утепленной отмостки (*Схема №6*), которая действительно будет защищать грунт от промерзания.

Стоп-халтура! Некоторые рабочие строители связывают арматурой отмостку вокруг дома и фундамент «для прочности». Такая конструкция отмостки после очередного сезонного цикла подъема опускания грунта оказывается висящей над небольшой полостью под ней, куда охотно затекает вода и поступает оттуда к фундаменту. При отсутствии подземной мягкой отмостки процесс обводнения грунта возле фундамента приведет к улучшенному его промерзанию и увеличению сил морозного пучения.

Фотография №2. Профильное мощение камнем в качестве декоративной отмостки у дачи-музея А.С. Пушкина



Ленточный монолитный фундамент на бетонной подготовке и на бетонной подушке . (Вариант «Б» на схеме №4).

Бетонная подготовка

Согласно пункту 12.8.6. СП 50-101-2004 под монолитными фундаментами независимо от подстилающих грунтов (кроме скальных) рекомендуется предусматривать устройство бетонной подготовки из бетона марки как минимум **M50** толщиной **10 см**. Допускается применение щебеночной или песчаной подготовки с цементной стяжкой. Толщину защитного слоя бетона для рабочей арматуры подошвы фундаментов при этом принимают не менее **3,5 см**. При сборных фундаментах устраивают подготовку из песка или цементного раствора. При бетонировании ленты фундамента бетонная подготовка не допускает утечки раствора из бетонной смеси. Бетонная подготовка уменьшает вероятность осадки фундамента. Также бетонная подготовка защищает фундаментную ленту от воздействия агрессивных факторов грунтов. Практически во всех отношениях кроме стоимости, бетонная подготовка предпочтительнее для ленточного фундамента по сравнению с песчаной подушкой.

Бетонная подушка

Для увеличения площади опирания ленты фундамента на грунт может быть использована не просто бетонная подготовка, а бетонная подушка. Бетонная подушка может быть монолитной, а может быть сборной из прямоугольных плит. В пункте 2.195 пособия по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) указано, что прерывистые (сборные) фундаменты из плит прямоугольной формы не рекомендуется применять:

- при залегании под подошвой фундамента рыхлых песков;
- при сейсмичности района 7 или более баллов (в этом случае можно применять плиты с угловыми вырезами, укладывая их в виде непрерывной ленты);
- при неравномерном напластовании грунтов или при значительном изменении сжимаемости грунта в пределах здания или сооружения;
- при залегании ниже подошвы фундаментов пылевато-глинистых грунтов с показателем текучести.

Бетонная подушка может быть армированной или неармированной. В практическом использовании для дачного строительства они практически равнозначны, за исключением того, что неармированная бетонная подушка имеет определенные ограничения в своих размерах. По британским нормам минимальная толщина армированной и неармированной бетонной подушки составляет **15 см** [BR 2010 A1/2. 2E2-e]. Армирование устраивается с помощью арматурной сетки в нижней четверти бетонной подушки, так как нижняя часть бетонной подушки подвержена растяжению под воздействием нагрузки от дома, передаваемой через ленту фундамента.

При армировании бетонной подушки сеткой из арматуры А-III **d10-12** ширина подушки в каждую сторону от проекции на нее фундаментной ленты может быть больше, чем толщина самой подушки. При отсутствии армирования, ширина подушки, выступающая из-под фундаментной ленты, не может быть шире толщины самой бетонной подушки. То есть при толщине подушки **15 см**, она может выступать в стороны от фундаментной ленты на **15 см** или меньше. Если это правило нарушить – края неармированной бетонной подушки могут быть отломаны. В британских руководствах указывается оптимальный размер неармированной бетонной подушки, подходящих практически для любых нужд частного домостроения: толщина подушки **25 см** и ширина **65 см**. При использовании бутобетонной неармированной подушки, ширина выстояния подушки из-под ленты не может превышать $\frac{3}{4}$ высоты бутобетонной подушки.

Ленточный сборный фундамент на бетонной подушке. (Вариант «В» на схеме №4).

Сборный ленточный фундамент позволяет вести строительство ленточного фундамента в большой промежуток времени, с длительными перерывами в работе, что делает такой вид фундаментов актуальным для строителей - самостройщиков (если речь не идет о строительстве из крупноформатных блоков ФБС). Для самостоятельного строительства сборного ленточного фундамента можно использовать современные пенополистиролбетонные блоки, которые либо содержат в своем составе отдельные гранулы пенополистирола, либо имеют слоистую структуру бетон – пенополистирол - бетон. Такие композитные бетонные блоки имеют сниженный коэффициент теплопроводности по сравнению с обычными бетонными блоками. Кладку из бетонных блоков необходимо тщательно гидроизолировать, чтобы не допустить попадание воды в швы и ее замерзание. Кладка из бетонных блоков менее

устойчива к боковым нагрузкам (морозное пучение) и может с ограничением использоваться на пучинистых грунтах.

Кладка ленточного фундамента по бетонной подушке также может иметь смысл в местах, куда трудно доставить готовую бетонную смесь, либо когда есть необходимость сразу получить готовый цоколь с финишной отделкой (есть специальные лицевые пенополистиролбетонные блоки). При неизбежности строительства здания на грунтах с различной степенью пучинистости следует предусматривать конструктивные мероприятия против действия сил морозного пучения, например, устраивать по фундаментным подушкам монолитный железобетонный пояс минимальной высотой **15 см**.

Подвальные помещения и погреба

Если вы хотите построить цокольный этаж сразу при закладке фундамента или отрыть небольшой подвал под домом впоследствии, конструкция ленточного фундамента должна быть усилена, чтобы противостоять возможным горизонтальным смещениям ленты под воздействием грунтов.

Для строительства заглубленного цокольного этажа оптимальным решением является устройство заглубленной монолитной плиты, связанной армированием с вертикальными монолитными стенами. Однако в рамках данной брошюры мы рассматриваем только варианты технических решений ленточного фундамента.

При устройстве цокольного этажа малозаглубленный ленточный фундамент превращается в заглубленный ленточный фундамент (подземную стену). При планировании небольшого подземного подвала, который будет отрыт когда-либо позднее, должно выполняться условие: искусственные выборки в грунте не должны попадать в проекцию под углом **45°** по обе стороны от основания (подошвы) ленточного фундамента.

Также в конструкции ленточного фундамента для последующего устройства подвала в доме должно быть предусмотрено усиление, против горизонтальных составляющих сил, действующих со стороны грунтов на ленту фундамента в виде арматурной связи с подлежащей под лентой монолитной бетонной подушкой. Из-за большего веса фундамента рекомендуется увеличить ширину подошвы фундамента. Если вы строите подземный цокольный этаж, то его высокая (**2,0 - 2,5 м**) подземная стена будет подвержена давлению грунта снаружи здания и лишена внутренней поддержки – противодействия со стороны отсутствующего грунта под проекцией здания на грунт. Поэтому при строительстве цокольного этажа нужно обеспечить достаточную прочность конструкции с помощью адекватного армирования монолитной стены с шагом вертикальной и горизонтальной арматуры не более **40 см** [пункт 8.3.6 СП 52-101-2003] и арматурных связей с подлежащей монолитной бетонной подушкой. Также обязательно правильное типовое армирование углов и примыканий монолитных стен (глава «Армирование»). Монолитная конструкция подземной стены предпочтительна перед сборной стеной из бетонных блоков, кирпича или других стеновых материалов. Конструктивного усиления и адекватного бокового опирания можно достичь при постройке пересекающихся внутренних стен подвала, под внутренними стенами здания.

Таблица №13. Минимальная рекомендуемая толщина стен подвального этажа.

Материал стен подвала	Глубина	Длина стены до 3 м		Длина стены более 3 м	
		Толщина стены	Ширина	Толщина стены	Ширина подошвы
Камень бутовый	2	600	800	750	900
	2,5	600	900	750	1050
Бутобетон	2	400	500	500	600
	2,5	400	600	500	800
Кирпич керамический	2	380	640	510	770
	2,5	380	770	510	900
Монолитный бетон	2	200	300	250	400
	2,5	200	400	250	500
Бетонные блоки	2	250	400	300	500
	2,5	250	500	300	600

При постройке подземной стены из мелкоформатных бетонных блоков (полнотелых, керамзитобетонных, полистиролбетонных) необходимо усиливать кладку продольным армированием и армированным поясом по верху кладки. Сборные бетонные блоки для кладки стен подвала должны быть изготовлены из бетона класса не ниже **B12,5 (M150)**.

Таблица №14. Минимальная толщина подвальных стен.

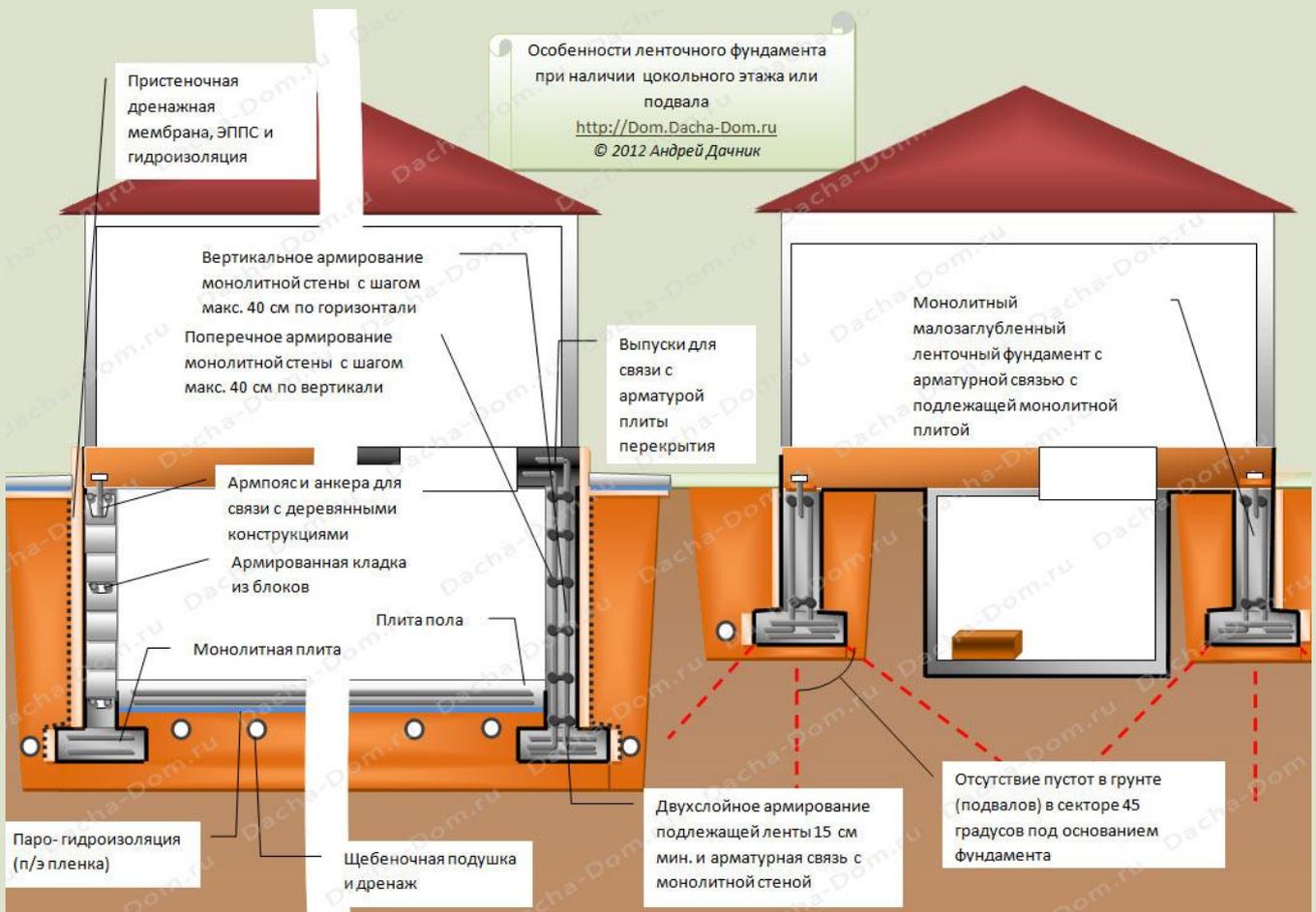
Материал стен подвала	Глубина подвала, м		
	Стена без бокового опирания	Стена с боковым опиранием	Минимальная толщина стены подвала, см
Монолитный бетон прочностью не менее В 12,5	0,8	1,5	15
	1,2	2,15	20
	1,4	2,3	25
	1,5	2,3	30
Монолитный бетон прочностью не менее В15	0,8	1,8	15
	1,2	2,3	20
	1,4	2,3	25
	1,5	2,3	30
Каменные и бетонные блоки	0,6	1,8	14
	1,9	1,2	19
	1,2	2,8	24
	1,4	2,2	29

*Таблица адаптирована из СП 31-105-2002. 5. Фундаменты, стены подвалов, полы по грунту. Глава 5.4 Таблица 5-2

При расчете стен подвалов на горизонтальное давление грунта стена по таблице №14, стены считаются имеющими боковое опирание, если балки перекрытия опираются о верх стены подвала (в том числе при

крепления конструкций перекрытий анкерными болтами). Если в стене подвала имеется проем длиной более **1,2 м** или несколько проемов, общая длина которых превышает **25 %** длины стены, а армирование по контуру проемов не предусмотрено, то находящаяся под проемом часть стены подвала считается не имеющей бокового опирания. Если ширина простенков меньше ширины проемов, общая длина таких проемов и простенков должна считаться как длина одного проема [пункт 5.4.2 СП 31-105-2002]. Чем меньше будет длина стен подвала, тем они будут устойчивее.

Схема №7. Варианты ленточных фундаментов при наличии подвального помещения или цокольного этажа.



Если вы облицовываете наружные стены дома кирпичом, то кладку допускается продолжать и на надземную часть стены подвала. При этом толщина надземной части этих стен на облицованных участках может быть уменьшена до **90 мм**. Облицовочная кирпичная кладка должна крепиться к стене подвала металлическими стяжками, располагаемыми с шагом не более **20 см** по вертикали и не более **90 см** по горизонтали. Зазор между стеной подвала и облицовкой должен быть заполнен строительным раствором. Отметка верха наружных стен подвалов должна быть не менее чем на **15 см** выше планировочной отметки земли.

Если же наружные стены первого этажа имеют деревянную обшивку или штукатурку по обрешетке или утеплителю, то расстояние от низа обшивки (штукатурки) до уровня планировки должно составлять не менее **25 см**.

Если стены подвалов длиннее **25 м**, то в них следует предусматривать деформационные швы, располагаемые на расстоянии не более **15 м** друг от друга. Также деформационные швы нужно располагать в местах перепада высоты дома. Конструкция деформационных швов должна препятствовать проникновению влаги внутрь подвальных помещений.

Для снижения сил морозного пучения на стены подвала выполняется стандартный набор мероприятий: замена грунта прилежащего к фундаменту на хорошо дренируемый (средний и крупный песок), пристеночный кольцевой дренаж, использование пристеночной дренажной мембраны и утепление грунта и фундамента пенополистиролом.

Влагоизоляция и гидроизоляция подвалов и технических подполий

В главе 5.8 свода правил «Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом» [СП 31-105-2002] рассказывается, как нужно выполнять гидроизоляцию подвалов и подполий. Наружные поверхности стен подвалов и технических подполий (и полы по грунту) должны иметь обязательные слои влагоизоляции, если уровень грунта снаружи здания находится выше уровня грунта с внутренней стороны стены подвала. Если есть вероятность гидростатического давления подземных вод при высоком уровне грунтовых вод, то требуется выполнение гидроизоляции наружных стен подвала для предотвращения попадания воды вовнутрь.

Влагоизоляцию изнутри подвала и гидроизоляцию наружной стороны стен подвала выполняют с помощью рулонных гидроизоляционных материалов или гидроизоляционных мастик для покрасочной (обмазочной) гидроизоляции. Предварительно при устройстве гидроизоляции наружные стены подвалов должны быть оштукатурены цементным раствором толщиной не менее **6 мм**. Можно использовать готовую штукатурную смесь, например - Кнауф Унтерпутц. При оштукатуривании предварительно все углубления и неровности, оставшиеся после распалубки, должны быть заделаны цементным раствором заподлицо с поверхностью бетона. При этом штукатурный слой должен быть соединен выкружкой (расширяющимся полукруглым напльвом) с фундаментом в месте опирания на него стены.

Слой гидроизоляции выполняется по оштукатуренной наружной поверхности стен подвалов из не менее чем двух слоев гидроизоляционного материала на битумной (битумно-полимерной) основе. Их наклеивают либо наплавливают на слой предварительно нанесенной битумно-полимерной мастики. Сверху все стыки и края также необходимо пройти битумной мастикой.

При высоком уровне грунтовых вод и наличии гидростатического давления в полах по грунту следует устраивать систему мембранной гидроизоляции, которая состоит из двух слоев бетона толщиной не менее **75 мм** каждый и слоя битумно-полимерной мастики между ними, который доводится единым покрытием до гидроизоляционных слоев на стенах подвала.

Если вы собираетесь производить отделку внутренней стороны стены подвала, утеплять ее и при этом будете использовать деревянные элементы (бруски), то вся внутренняя поверхность подвала должна иметь слой влагоизоляции. До устройства влагоизоляционного слоя внутренняя поверхность стены подвала должна быть оштукатурена. Слой влагоизоляции должен быть уложен и под бетонной плитой пола подвала. Влагоизоляционный слой, укладываемый под плитой, делают из полиэтиленовой пленки

толщиной не менее **0,15 мм** или из рулонного гидроизоляционного материала. Стыковые соединения пленочных или рулонных материалов должны выполняться внахлест с шириной перекрытия не менее 100 мм.

Если вы будете устраивать дополнительный слой пола поверх бетонной плиты, допускается укладка влагоизоляции поверх плиты. Слой влагоизоляции должен заходить и в стыки между плитой пола и фундаментом. Влагоизоляционный слой, укладываемый поверх плиты, должен состоять не менее чем из двух слоев битумно-полимерной мастики, наносимой методом обмазки (покраски) или из полиэтиленовой пленки или гидроизоляционного наплавляемого рулонного материала.

Хорошо обустроенное подвальное помещение послужит отличным хранилищем для продуктов. Но, к сожалению, не только для продуктов. Подвальное помещение таит в себе потенциальную угрозу для здоровья обитателей дома. Речь идет о радиоактивных почвенных газах, выделяющимся из грунтов и скапливающимся во всех неветилируемых низинах и плохо проветриваемых помещениях. Самый известный радиоактивный почвенный газ называется радоном.

Защита жилого дома от радона¹

Свод правил по проектированию и строительству «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений» [СП 50-101-2004, пункт 4.18] предусматривает необходимость мер по изоляции соприкасающихся с грунтом конструкций от проникновения в дом радиоактивных почвенных газов. Также предусматривается комплекс мер, способствующих снижению концентрации радиоактивных почвенных газов радона и торона в соответствии с требованиями санитарных норм. Однако по заключению Комитета по биологическим эффектам ионизирующей радиации [BEIR VI, 1999] в помещениях с высокой концентрацией радона можно пренебречь рассмотрением ионизирующей радиации за счет торона и дочерних продуктов его распада.

По действующим в настоящее время в России Нормам радиационной безопасности (НРБ-99) допустимая концентрация радона в воздухе не должна превышать **100 Бк/м³** (для зданий построенных после 1999 года) и **200 Бк/м³** (для ранее построенных зданий). В России одни из самых строгих норм по концентрации радона внутри помещений. Для большинства стран на 2005 год (Австрия, Бельгия, Германия, Греция, Финляндия) нормы составляют **200 Бк/м³** и **400 Бк/м³** соответственно. В таких странах как Беларусь, Великобритания, Дания, Ирландия, Испания и Швеция нормы для новых и старых домов не различаются и составляют **200 Бк/м³**. К сожалению, как мы увидим ниже, патологическое воздействие радона на организм человека возможно и при совершенно обычных концентрациях в атмосфере помещений **20 Бк/м³** (75% смертей от радонозависимого рака легких в Великобритании происходит на нерадоноопасных территориях). В Великобритании по результатам обследования частных домов в 2007

¹ Очевидная недооценка радоновой проблемы на русскоязычном строительном информационном пространстве побудила меня значительно расширить раздел о защите малоэтажного дома на ленточном фундаменте от радона с детальным обоснованием причин для необходимости такой защиты на потенциально радоноопасных территориях и на радоноопасных территориях. (Прим. авт.)

году было обнаружено превышение или повышение концентрации радона до предельно допустимой в 54% частных домов.²

Согласно текущей оценке Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР)(UNSCEAR), радиоактивный газ радон из природных источников вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен примерно за 3/4 годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно за половину этой дозы от всех естественных источников радиации. Большую часть этой дозы облучения от радона человек получает от радионуклидов, попадающих в его организм вместе с вдыхаемым воздухом, особенно в непроветриваемых или плохо проветриваемых помещениях.³

Наиболее опасный для здоровья человека радиоактивный газ ^{222}Rn (радон-222) является продуктом распада ^{226}Ra (радий-226, период полураспада 1620 лет), который образуется из ^{238}U (урана-238), содержащегося в осадочных породах. ^{238}U содержится практически во всех видах пород и равномерно распределен в земной коре. Поэтому радон выделяется из грунтов практически везде. Поскольку период полураспада ^{226}Ra очень большой, то концентрация радона практически не уменьшается со временем. Есть места с повышенными концентрациями урана в грунтах и выходами урановых руд близко к поверхности. Такие места особенно радоноопасны. Радон и торон - единственные газообразные элементы в рядах распада урана и тория. Радон постоянно распадается на другие изотопы (период полураспада **3,8 суток**). При распаде радона последовательно образуются цепочки дочерних продуктов, распад которых завершается стабильными элементами - изотопами свинца (^{206}Pb и ^{208}Pb). Именно дочерние продукты распада радона создают основной вклад в среднюю дозу облучения населения.⁴ Каждый акт распада радона и его дочерних продуктов сопровождается выделением гамма-кванта, альфа или бета-частицы. Основное канцерогенное воздействие происходит от альфа-активного дочернего ^{214}Po (полония-214) и ^{218}Po (полония-218). Присутствие радона в воздухе помещения однозначно свидетельствует о присутствии здесь же их дочерних продуктов.

Схема №8. Упрощенная цепочка распада радона, дочерние продукты распада радона и виды ионизирующих излучений при распаде радона.



Радон является причиной 10% случаев возникновения рака легких в США и является второй по величине причиной возникновения рака легких после курения.⁵ По данным Института онкологии США,

² Radon and Public health. RCE-11. Report of independence advisory group on ionizing radiation. Documents of HPA.-2009.- June. Table 2.1.

³ Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений. М.: изд-во МИЭМ, 2005.- 215 с.

⁴ Задачи и методы радиационного контроля при строительстве зданий / Павлов И.В., Гулябанц Л.А., Иванов С.И. и др. // АНРИ. - 2003. - N 3(34). - С.2-12

⁵ Alberg AJ., Samet JM. Epidemiology of Lung Cancer. Chest. 2003; 123:21-49

радонозависимый рак легких является причиной смерти до **15-22000** человек ежегодно.⁶ Внутренне облучение радоном уносит больше жизней в США, чем пожары, наводнения и авиакатастрофы вместе взятые. В западной части Германии 7% случаев фатального рака легкого обусловлено радоновой радиацией (1600 мужчин и 400 женщин ежегодно).⁷ В Великобритании количество смертей от рака легких, вызванного радоном, составляет 3,3% (0,5% от воздействия только радона и 2,8% в синергизме воздействия радона с курением) в структуре смертей от рака легких.⁸ В официальном информационном письме начальника медицинской службы Министерства здравоохранения США (Surgeon General U.S. Department of Health and Human Services) от 13 января 2005 года говорится, что *"радон в жилых помещениях является второй ведущей причиной развития рака легких в Соединенных Штатах, и дыхание его в течение длительного времени может представлять значительный риск для здоровья семей. Также важно знать, что радоновую угрозу можно полностью предотвратить. Радон может быть обнаружен с помощью простого теста, а его концентрация в помещениях регулируется с помощью известных методов вентиляции"*. Информацию по актуальности проблемы радона в России можно прочитать в многочисленных научных публикациях: смотрите отечественную библиографию по радону <http://dom.dacha-dom.ru/radon-bibliografia.shtml>. Для территории России выполнено мелкомасштабное районирование в масштабе 1:10000000 на основе геологических данных и сведений о распределении естественных природных радионуклидов. Районирование произведено на основе анализа пространственного распределения качественных признаков радоноопасности.⁹

Примерная схема районирования Европейской части России по степени радоноопасности на основе геологических данных.



В "Официальном отчете о радоне" Международной комиссии по радиологической защите [ICRP 00/902/09] указано, что годовая эффективная индивидуальная доза облучения от радона не должна превышать **10 мЗв/год**. По данным Федеральной службы России по надзору в сфере защиты прав

⁶ U.S. National Institutes of Health. National Cancer Institute. Factsheet; Radon and Cancer: Questions and Answers. July 13, 2004. Accessed on November 17, 2009

⁷ Steindorf K., Lubin J., Wichmann H.E., Becher H. Lung Cancer Deaths Attributable to Indoor Radon Exposure in West Germany. // Intern. J. Epidemiol. 1995. V. 24. № 3. P. 485–492.

⁸ Radon and Public health. RCE-11. Report of independence advisory group on ionizing radiation. Documents of HPA. -2009.- June.

⁹ Тихонов М.Н. Радон: источники, дозы и нерешенные вопросы//Атомная стратегия. -2006.- №23, июль

потребителей и благополучия человека в 2010 году были выявлены критические группы населения, дозы облучения которых значительно превышают средние по Российской Федерации. Такие группы населения были выявлены в Республике Тыва, в Алтайском крае, в Воронежской и Кемеровской областях. Причиной повышенного облучения является высокое содержание изотопов радона в воздухе жилых помещений.¹⁰ В зонах с умеренным климатом концентрация радона в закрытых помещениях в среднем примерно в 8 раз выше, чем в наружном воздухе. Наибольшие значения средних годовых эффективных доз облучения населения природными источниками ионизирующего излучения по данным исследований 2001-2010 гг. зарегистрированы в Республике Алтай (9,54 мЗв/год) и Еврейской АО (7,20 мЗв/год), средние годовые дозы природного облучения жителей Республики Тыва, Иркутской области, Ставропольского и Забайкальского краев превышают 5 мЗв/год. Высокие показатели годовых эффективных доз облучения населения также отмечаются в республиках Бурятия, Ингушетия, Калмыкия, Северная Осетия, Тыва, в Кабардино-Балкарской и Карачаево-Черкесской республике, в Ставропольском крае, в Ивановской, Иркутской, Калужской, Кемеровской, Липецкой, Новосибирской, Ростовской, Свердловской. Таблицу со средними годовыми эффективными дозами облучения населения России по данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека можно посмотреть здесь: <http://dom.dacha-dom.ru/radon-rossiya.shtml>

Средняя индивидуальная годовая эффективная доза облучения на одного жителя Российской Федерации, оцененная по данным за весь период наблюдений с 2001 по 2010 год, составляет 3,38 мЗв/год. Вклад дозы внутреннего облучения населения за счет ингаляции изотопов радона (^{222}Rn и ^{220}Rn) и их короткоживущих дочерних продуктов распада составляет 1,98 мЗв/год или около 59 % суммарной дозы за счет всех природных источников излучения. При этом вклад внешнего облучения составляет около 19 % суммарной дозы, космического излучения – чуть менее 12 %, вклад широко распространенного в природе ^{40}K – 5 %, а доза облучения за счет содержания природных и техногенных (^{137}Cs и ^{90}Sr) радионуклидов в продуктах питания – около 4 %. Средняя доза за счет потребления питьевой воды составляет менее 1 % от суммарной дозы облучения, а за счет ингаляции долгоживущих природных радионуклидов с атмосферным воздухом – менее 0,2 % от суммарной дозы.¹¹ Около 90 % дозы ингаляционного облучения обусловлено вдыханием дочерних продуктов изотопов радона, находящихся в воздухе помещений и атмосферном воздухе.¹² При этом, радон является единственным природным источником излучения, который можно регулировать с экономически оправданными затратами.

Хотя в 1994 году постановлением Правительства РФ № 809 от 06.07.94 г. была принята Федеральная целевая программа «Снижение уровня облучения населения России и производственного персонала от природных радиоактивных источников», в отечественной популярной строительной литературе опасности, связанные с постоянным проникновением радона в жилое помещение, чаще всего обходятся молчанием.

Действие радона на организм человека

Российские санитарно-эпидемиологические правила и нормативы “Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности” относят радон и его короткоживущие дочерние продукты распада к канцерогенным физическим факторам [СанПиН 1.2.2353-08 Пункт 2.2.7]. По

¹⁰ Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году. – СПб: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, 2011. – С.18

¹¹ Там же – С. 17.

¹² Крисюк Э.М. Уровни и последствия облучения населения // АНРИ. - 2002. - N 1(28). - С.4-12.

классификации Всемирной организации здравоохранения радон относится к известным канцерогенам с статистически доказанной способностью вызывать рак легких у человека [WHO, 1986]. Международным агентством по исследованию рака радон отнесен к канцерогенам I класса [IARC, 1988]. Более поздние исследования [IARC, 2001] подтвердили связь воздействия радона, содержащегося в атмосфере жилых помещений и возникновения рака легких. Детальное исследование, выявившее связь частоты возникновения рака легких с курением, продолжительностью проживания в атмосфере с повышенным содержанием радона и с возрастом обследуемых было проведено Комитетом по биологическим эффектам ионизирующей радиации [BEIR IV, 1988, BEIR VI, 1999]. В частности был обнаружен эффект синергизма курения и постоянного проживания в атмосфере помещений с повышенным содержанием радона как причина возникновения рака легких [BEIR VI, 1999].

Основным органом-мишенью, поражаемой радоном и его дочерними продуктами радиоактивного распада, являются легкие. Хотя изотопы радона - инертные газы и не вовлекаются в биологические процессы, но они легко растворяются в крови и других жидкостях организма; ещё лучше они растворяются в жирах, что обуславливает эффективное поглощение их при поступлении в организм. После попадания в легкие в кровь человека радон распределяется по всему телу (больше всего в жировой ткани, и в органах, содержащих жировую ткань). При этом происходит внутреннее облучение организма α -частицами. Концентрация изотопов радона в крови после достижения стационарного состояния (через 1 час после начала ингаляции для ^{222}Rn и около 5 минут для ^{220}Rn) определяется их содержанием в воздухе и не зависит от времени экспозиции, составляя (для ^{222}Rn) примерно 30-45% от концентрации во вдыхаемом воздухе.¹³

При кратковременных воздействиях радона, например, при систематическом принятии радоновых ванн в санатории, при окунании в купель на радоновом источнике или купании в радоновом озере,¹⁴ у человека наблюдается адаптационная реакция на поступление радона через органы дыхания и через кожу. Такая реакция организма на воздействие радона приводит к улучшению микроциркуляции (улучшения местного кровоснабжения органов и тканей). Биологический эффект воздействия радона позволяет широко использовать кратковременное, но интенсивное воздействие радона в лечебных целях. Аналогичные физиологические процессы происходят в организме человека в течении первых лет жизни в условиях повышенной концентрации радона в помещении (превышение предельно допустимой концентрации от 2 до 5 раз).

Хотя, как было отмечено выше, радон химически инертен, его ионизированные дочерние продукты распада (радионуклиды полония, висмута и свинца) сорбируются пылью и влагой, образуя α -радиоактивные аэрозольные частицы размером от 10 до 400 нанометров, которые способны глубоко проникать в дыхательные пути и оседать в них. Также особые иммунные клетки (Лангерганса) способны переносить радиоактивные микрочастицы в региональные лимфатические узлы, что обуславливает возможную локализацию опухолей и в лимфоузлах. Исследования показали, что у курильщиков, проживающих на радоноопасных территориях, концентрация изотопов полония в легких в 10 раз

¹³ Ижевский П.В. Канцерогенная опасность радона// Информационный бюллетень "Первичная профилактика рака". - 2006.- №2(4).

¹⁴ Нижний предел концентрации радона для отнесения вод к радоновым — 185-370 Бк/л. В отечественной бальнеотерапии по концентрации радона выделяют следующие разновидности радоновых вод: очень слаборадоновые (185-740 Бк/л), слаборадоновые (744-1480 Бк/л), радоновые средней концентрации (1481-2960 Бк/л), высокорадонные (2961-4440 Бк/л), очень высокорадонные (более 4450 Бк/л).

больше, чем у не курильщиков, проживающих в тех же самых местах. Это объясняется, в том числе и тем, что сигаретный дым (аэрозоль микрочастиц сажи) является прекрасным переносчиком для изотопов полония в легкие человека – особенно при глубоких затяжках при курении. Также при температуре горения табака изотопы полония (как содержащиеся в табаке, так и в радоносодержащей атмосфере) становятся летучими, и гораздо легче вдыхаются человеком и проникают быстрее и глубже в дыхательную систему. Изотопы полония ^{218}Po и ^{214}Po , период полураспада которых составляет три минуты и одну десятую секунды соответственно, распадаются в просвете бронхов с выделением α -лучей и гамма квантов. Повреждения клеток легочного эпителия от радиоактивного распада изотопов полония, по-видимому, является ведущим фактором в развитии центрального рака легких.¹⁵

По мере увеличения срока проживания в атмосфере с повышенной концентрацией радона и возникновения переоблучения организма радоном и его дочерними продуктами распада, возникает кумулятивный эффект, приводящий к перенапряжению адаптации организма, которое характеризуется стойким увеличением скорости оседания эритроцитов (СОЭ), повышение агрегации тромбоцитов и образование тромбозов капилляров. Данные дезадаптивные последствия переоблучения приводят к ухудшению кровоснабжения органов и тканей организма. Серьезные нарушения механизмов защитной адаптации организма к переоблучению наступают только после десяти и более лет проживания в условиях превышения концентрации радона в помещениях. Характер нарушений зависит от концентрации радона, сопутствующих экологических отягощающих факторов в помещении (например, наличие асбеста, аэрозольные загрязнения атмосферы сигаретным или печным дымом, пылью), возраста человека, его социального статуса и образа жизни, состояния здоровья, и, в значительной степени, от того курит человек или нет.

Общим результатом длительной дезадаптации становится ослабление иммунной системы, ответственной за уничтожение постоянно возникающих в организме атипичных клеток. Под воздействием канцерогенных физических факторов (радиоактивное излучение от распада радона и его дочерних продуктов) происходит повреждение ДНК ядра клеток бронхиального эпителия (базальные или секреторные клетки). При повреждении ДНК происходит изменение генома клетки и, как следствие – изменение ее особенностей строения, которые отличаются от нормы. Это первый «скрытый» этап развития рака легких – образование атипичной (раковой) клетки, которая не распознается ослабленной иммунной системой и не уничтожается. На втором этапе развития рака легких при постоянном контакте клеток легочного эпителия с канцерогенным радоном и продуктами его распада в такой выжившей атипичной клетке происходят дополнительные генные изменения, которые приводят к размножению раковых клеток и образованию опухолевого узла (опухоль). На третьем этапе нарастают различные патологические процессы характерные для злокачественного роста (атипия клеток, активный рост, распространение метастазов и др.).¹⁶ Максимальные дозы ионизирующего излучения при распаде дочерних продуктов деградации радона приходятся на эпителий сегментарных бронхов, что соответствует преимущественной локализации развивающихся раков. Среди разновидностей рака легкого, вызываемых радоновым облучением, чаще других диагностируются аденокарцинома, чешуевидная карцинома и саркома лимфатических узлов. При длительном воздействии радона опухоли других органов, по крайней мере, на порядок менее вероятны, чем рак легкого.

¹⁵ Мейер А.В. Дружинин В.Г. и др. Генотоксические и цитологические эффекты в буккальных эпителиоцитах детей, проживающих в экологически различающихся районах Кузбасса.//Цитология. – 2010.- Том 52, №4.- С.305.

¹⁶ Полоцкий Б.Е., Тер-Ованесов М.Д. Рак легкого - некоторые аспекты клиники, диагностики и лечения.// Рус. Мед. Журн.- 2005; 26:1521-1529.

Насколько же эпидемиологически опасно длительное проживание в строениях с повышенной концентрацией радона в атмосфере? Одним из наиболее авторитетных современных источников информации по оценке опасности радона для жизни и здоровья человека являются официальные публикации по проблеме радона Международного агентства по исследованию рака ICRP. Отчеты по радону от ICRP регулярно пересматриваются с учетом данных последних научных исследований воздействия радона на организм человека. “Официальный отчет по проблеме радона и оценке риска рака легких от радона и дочерних продуктов его распада” 2010 года (ICRP Publication 115. Lung cancer risk from radon and progeny and statement on radon [Ann. ICRP 40(1), 2010]) приводит детальный обзор и анализ эпидемиологии радонозависимых заболеваний (рака легких) на основании длительных (от 5 до 34 лет) исследований, проведенных в Северной Америке, Европе и Китае в период с 1946 года по вторую половину 2000-х годов. Анализ представленных данных позволил в 2010 году Международному агентству по исследованию рака сделать следующие выводы:¹⁷

1. Благодаря изучению заболеваемости шахтеров и людей, постоянно проживающих в домах с повышенной концентрацией радона в атмосфере, существуют убедительные доказательства того, что **радон и дочерние продукты его распада способны вызывать рак легких**. В настоящее время нет свидетельств, что воздействие радона способно вызывать опухоли других органов и лейкемию.
2. Три долговременных обследования людей, постоянно проживающих в домах с повышенной концентрацией радона в атмосфере проведенные в Европе, Северной Америке и Китае привели к сходным результатам и показали, что **риск рака легких увеличивается, по крайней мере, на 8% при увеличении концентрации радона в помещении на каждые 100 Бк/м³**.¹⁸
3. После принятия в расчет поправок на случайные неопределенности в концентрации активности радона при проведенных измерениях при обследовании в Европе людей, постоянно проживающих в домах с повышенной концентрацией радона в атмосфере, расчет относительного риска заболеваемости раком легких показал **увеличение вероятности возникновения заболевания на 16% (от 5% до 32%) при увеличении концентрации радона в помещении на каждые 100 Бк/м³**. Полученные значения можно рассматривать как разумную оценку при контроле рисков от воздействия радона при относительно низких концентрациях радона и длительного периода его воздействия, принимая в расчет, что этот риск связан с воздействием радона на человека в течение, по меньшей мере, **25 лет**.
4. Существует доказательство на основании данных Европейского исследования (Darby и соавт., 2005), что **существует риск развития рака легких при долгосрочном воздействии радона в атмосфере жилых помещений даже на уровне концентраций ниже 200 Бк/м³**.
5. Кумулятивный риск развития рака легких при достижении возраста **75 лет** оценивается для никогда **не курящих людей** на уровне **0,4%, 0,5% и 0,7%** для концентраций радона **0, 100 и 400 Бк/м³**, соответственно. Кумулятивный риск развития рака легких при достижении возраста **75 лет**

¹⁷ Выводы приведены с небольшими сокращениями.

¹⁸ Darby, S., Hill D., Deo, H. et al., 2006. Residential radon and lung cancer – detailed results 1099 of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 1100 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiological studies in Europe. Scand. J. 1101 Work Environ. Health 32 (Suppl. 1), 1-84.

Krewski, D., Lubin J.H., Zielinski, J.M. et al., 2006. A combined analysis of North 1153 American case-control studies of residential radon and lung cancer. J. Toxicol. Environ. Health Part A 69, 533-597.

Lubin, J.H., Wang Z.Y., Boice, Jr. J.D. et al., 2004. Risk of lung cancer and residential radon in China : pooled results of two studies. Int. J. Cancer 109(1), 132-137.

оценивается для курящих всю жизнь людей оценивается на уровне **10%, 12% и 16%** для концентраций радона **0, 100 и 400 Бк/м³** (Darby и соавт., 2005, 2006). Курение остается наиболее важной причиной рака легких.

6. Исследования риска развития рака легких у шахтеров и людей, постоянно проживающих в домах с повышенной концентрацией радона, показывают хорошую согласованность результатов.
7. Исследования риска возникновения рака легких у шахтеров, включая шахтеров, подверженным низким дозам радонового облучения, показали как минимум двукратное увеличение риска по сравнению с данными ранее опубликованными в Публикации 65 (ICRP, 1993).

Всемирная организация здравоохранения [WHO, 2009]¹⁹ констатирует, что радон является второй по значимости причиной рака легких во многих странах:

- Радон является причиной рака легких в **3-14%** случаев в каждой отдельной стране, в зависимости от среднего уровня концентрации радона на территориях.
- Радон является основной причиной рака легких среди некурящих людей, но в первую очередь вызывает рак легких у курильщиков.
- Основная причина рака легких, вызванная экспозицией радону в домах, это вовсе не высокие концентрации радона, а **средние или умеренные его концентрации**.
- Чем ниже концентрация радона в доме, тем ниже риски для здоровья людей. Не известен пороговый уровень концентрации радона, экспозиция которому не несет никакого риска.

В отчете Британского Агентства здравоохранения “Радон и здоровье населения” [HRA, 2009]²⁰ указывается, что совершенно очевидно, что риск здоровью от воздействия радона возникает уже при концентрациях радона в помещениях даже ниже допустимых в Великобритании **200 Бк/м³**. Средний риск возникновения рака легких при экспозиции радону составляет **16%**. По данным HRA нет доказанных свидетельств тому, что риск развития рака легких зависит от пола, возраста человека, от того курит он или нет, или курил ранее. Однако при обычных концентрациях радона в помещениях **21 Бк/м³** курение увеличивает вероятность смерти от рака легких на рубеже **75 лет** до **15%** для курильщиков. Для некурящих людей вероятность смерти от рака легких в **75 лет** составляет **0,4%**. При концентрациях радона в помещениях **200 Бк/м³** риск смерти составляет **19%** и **0,5%** соответственно. Около **40%** из умерших от рака легких не курящих людей составляют те, кто ранее курил. Распределение территориальной смертности от радонозависимого рака легких среди некурящих людей в Великобритании подтверждает, что даже невысокие концентрации радона опасны для человека:

- 75% больных умерло на территориях без превышений уровня концентрации радона.
- 25% умерло на территориях с повышенной концентрацией радона, из которых 22% проживали в районах с концентрацией радона в доме менее предельно допустимой **200 Бк/м³**. [Table 4.5, HRA, 2009].

Подробную библиографию (1990-2010 гг.) по проблеме радонозависимого рака легких на английском языке можно посмотреть здесь: <http://dom.dacha-dom.ru/radon-reference.shtml> Теперь, когда актуальность вопроса о защите дома от избыточной концентрации радона рассмотрена, можно перейти к

¹⁹ Radon and cancer.// Fact sheet N°291: WHO.-2009 -September.

²⁰ Radon and Public health. RCE-11. Report of independence advisory group on ionizing radiation. Documents of HPA.- 2009.-June.

рассмотрению путей поступления радона в малоэтажный дом, и средств, которые помогут снизить концентрацию радона во внутренней атмосфере помещений.

Пути поступления газа радона в дом:

Концентрация радона в помещениях может изменяться по времени: с циклами в течение года, в течение суток. Концентрация радона в двух абсолютно одинаковых рядом расположенных домах также может отличаться. Индивидуальная концентрация радона в помещениях зависит от путей поступления радона в дом:

- Поступления из залегающих под зданием грунтов;
- Поступления из ограждающих конструкций, изготовленных с применением строительных материалов из горных пород, в т.ч. тяжелого, легкого и ячеистого бетона (не более 10% от всего радона, поступающего в дом);
- Поступления из наружного воздуха (особенно в радоноопасных территориях и на территориях нефте- и газодобычи);
- Поступления из воды системы водоснабжения здания (преимущественно при водоснабжении из глубоких скважин);
- Поступление из сжигаемого в здании топлива (природный газ, уголь, дизельное топливо).

В зданиях с повышенной концентрацией радона основной вклад в поступление радона вносит поступающий из почвы в дом радон. Радон выделяется из почвы практически по всей поверхности земли (при отсутствии газонепроницаемых слоев почвы (глины), препятствующих выделению радона). Хотя радон в **7,5 раз тяжелее воздуха**, он выталкивается на поверхность избыточным давлением из недр. Средние мировые значения объемной активности радона в наружном воздухе на высоте 1 м от поверхности земли составляют от **7 до 12 Бк/м³** фоновое значение). На территориях с насыщенными радоном грунтами эта величина может достигать **50 Бк/м³**. Известны территории, где активность радона в наружном воздухе достигает **150-200 Бк/м³** и более. Обычно концентрация радона больше в долинах между гор или холмов. При возведении здания выделяющий радон участок поверхности земли изолируется цоколем или фундаментом здания от окружающего пространства. Поэтому радон, выделяющийся из залегающих под зданием грунтов, не может свободно рассредоточиваться в атмосфере, и проникает в здание, где его концентрация в воздухе помещений становится выше, чем в наружном воздухе.

В поступлении радона в дом есть две важных фазы, на каждую из которых можно влиять:

1. Накопление радона под основанием дома (грунтовое основание или подпол).
2. Транспорт радона во внутренние помещения.

Транспорт радона обусловлен двумя факторами: наличием путей для газа (поры, щели, трещины, отверстия, люки, проемы) и более низким давлением в нижней части помещений (за счет постоянного подъема теплого воздуха вверх) по сравнению с наружной атмосферой. Второй фактор разрежения воздуха во внутренней атмосфере дома – это ветер, дующий вдоль дымоходов и открытых окон. Уже при разности давлений равной 1 - 3 Па начинает действовать механизм "подсоса" радона в здание. На радоноопасных территориях вытяжная вентиляция допускается только в подпольях или при депрессии грунтового основания. Поэтому вентиляция дома на радоноопасных территориях должна осуществляться за счет приточной вентиляции, создающей избыточное давление во внутренних помещениях здания, которое препятствует проникновению радона в дом.

Обычная скорость воздухообмена в проветриваемых помещениях составляет до одного объема в час. Основной поток воздуха поступает в дом через окна и двери. Около 1% воздуха подсасывается через неплотности в перекрытиях и ограждающих конструкциях. В среднем в дом каждый час поступает несколько кубометров почвенных газов. Наибольшая разница давлений и скорость поступления почвенных газов наблюдается в холодное время года и ночью в любое время года. Однако зимой промерзший грунт и снег могут значительно уменьшать количество выделяющегося из грунта почвенного газа.

Увеличение воздухообмена (усиленное проветривание, вытяжная вентиляция) не снижает концентрацию радона в помещениях, поскольку увеличенный воздухообмен приводит к увеличению поступления почвенного газа. Радон проникает в дом и с помощью механизмов диффузии. Бетонные, кирпичные и другие «каменные» конструкции не являются препятствием для проникновения радона в дом, так как все эти стеновые материалы являются пористыми.

Концентрация радона в верхних этажах многоэтажных домов, как правило, ниже, чем на первом этаже. Исследования, проведенные в Норвегии, показали, что концентрация радона в деревянных домах даже выше, чем в кирпичных, хотя дерево выделяет совершенно ничтожное количество радона по сравнению с другими материалами.²¹ Это объясняется тем, что деревянные дома, как правило, имеют меньше этажей, чем кирпичные, и, следовательно, помещения, в которых проводились измерения, находились ближе к земле - основному источнику радона.

Максимальная концентрация радона наблюдается в подвалах, подполах и на первых этажах зданий. При измерениях уровня радона в городах Республики Беларусь установлено²², что в отдельных подвальных помещениях концентрация радона превышает санитарно-гигиеническую норму в **7 раз**, в полуподвальных - в **2,5 раза** и на первых этажах - в **1,5 - 2,5 раза**. Концентрация радона выше всего в зданиях на замкнутых ленточных фундаментах со свободным подпольным пространством, не имеющих изоляции от грунта пространства под домом, и не имеющих вентиляции подпольного пространства. Люки в подвалы и подполы, щели в полах являются отличными входными воротами для проникновения радона в дом. Радонозащитная способность хорошо изолированной ограждающей конструкции может быть практически сведена к нулю при наличии в ней неуплотненных швов, стыков и технологических проемов.

Выделения радона из поверхностных водных источников, а также из сжигаемых в котлах дизельного топлива или природного газа, обычно пренебрежимо малы. Но поступления радона в дом из водопроводной воды могут быть весьма значительными. Радон хорошо растворяется в воде. Поэтому высокое содержание радона может быть в воде, подаваемой в здания непосредственно из скважин глубокого заложения. Эксперты Международного агентства по исследованию рака [ICRP,1994] считают, что из воды в здания может поступать до 20% радона.²³ Радон, растворенный в питьевой воде, вносит вклад и в облучение внутренних органов человека. По рекомендациям Еврокомиссии Евросоюза (2001) максимальная концентрация радона в воде не должна превышать **100 Бк/л** для общественных систем водоснабжения и **1000 Бк/л** для индивидуальных систем водоснабжения. При такой высокой концентрации радона в воде, концентрация радона в воздухе санузла, где используется такая вода, будет не менее **100 Бк/м³**. Наиболее низкой концентрацией радона характеризуется вода, поступающая

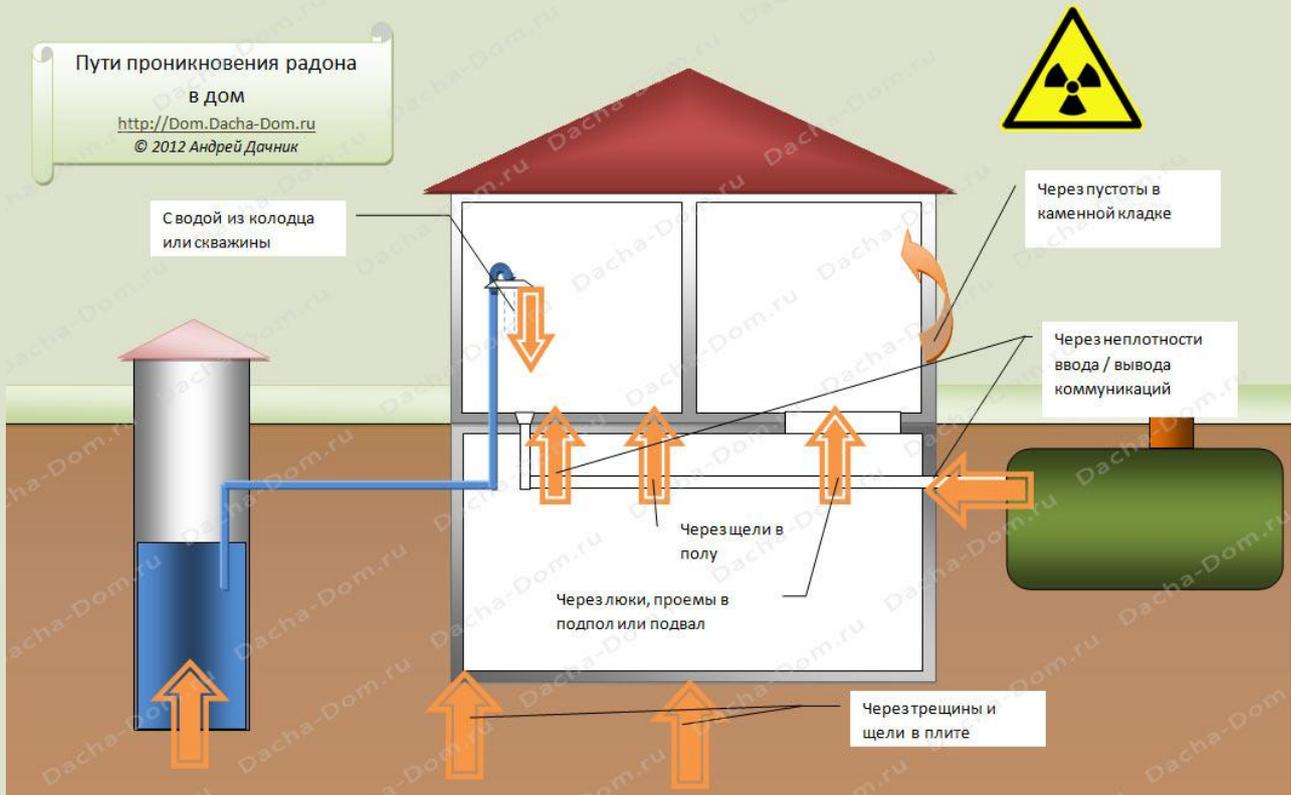
²¹ Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений. М.: изд-во МИЭМ, 2005.– 215 с.

²² Калинин М.Ю. Опыт изучения влияния тектонических разломов на здоровье населения // III Междунар. аэрокосмический конгресс IAC'2000, 23-27 авг. 2000 г., Москва: Сб. тез. - М.,2000. - С.189

²³ Protection against Radon222 at Home and at Work Annals of the ICRP, № 65. – Oxford: Pergamon, 1994.

из резервуаров, а наиболее высокой – вода из скважин. В Швеции и Финляндии вода из скважин имеет очень высокую концентрацию радона.

Схема №8-А. Пути проникновения радона в жилой дом.



Поэтому в отношении радоновой безопасности колодцы предпочтительнее скважин в радоноопасных территориях. Хотя обычно концентрация радона в воде очень невелика, он "капля за каплей" выделяется из воды в доме из струй воды из-под кранов, при принятии душа, при стирке белья в стиральной машине и накапливается в помещении. Больше всего радона с водой поступает в ванную комнату, оборудованную душем. При обследовании жилых домов в Финляндии оказалось, что в среднем концентрация радона в ванной комнате примерно в три раза выше, чем на кухне, и приблизительно в 40 раз выше, чем в жилых помещениях.²⁴ Высокая концентрация радона в ванной комнате держится в течение 1,5 часов после приема душа. В том числе из-за радона санузлы в доме должны иметь хорошую систему вытяжной вентиляции. В радоноопасных районах может потребоваться дополнительный вытяжной вентилятор в санузле на уровне пола (радон тяжелее воздуха). Еще один менее значительный источник радона – строительные материалы (в том числе дерево и кирпич). Особенно опасен домененый шлак, который используется при производстве шлакобетона многим самостройщиками. Опасны

²⁴ Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений. М.: изд-во МИЭМ, 2005.– 215 с.

глинозем, зольная пыль, фосфогипс и знакомый всем алюмосиликатный кирпич.²⁵ Однако строительные материалы составляют не более 10% в структуре источников облучения людей, проживающих в частных домах.

Оценка радоновой опасности на территории застройки

Таблица № R-1. Оценка радоноопасности площади застройки по результатам инженерных геологических изысканий (По данным Таблицы №1 из ТСН РБ-2003 МО, ТСН 23-354-2004 МО).

Характеристики геологического разреза на глубину 10 м, считая от отметки заложения подошвы фундамента	Категория радоноопасности площади застройки
Первый постоянный водоносный горизонт расположен на уровне или выше отметки заложения подошвы фундамента	Радонобезопасная (ППР < 40 мБк/(м ² хс))
Первый постоянный водоносный горизонт расположен ниже отметки заложения подошвы фундамента, в промежутке между ними отсутствуют слои грунта, представленные мелкодисперсными осадочными породами (глины, суглинки, супеси, пески), с удельной активностью ²²⁶ Ra более 15 Бк/кг	Радонобезопасная (ППР < 80 мБк/(м ² хс))
Первый постоянный водоносный горизонт расположен ниже отметки заложения подошвы фундамента, и в промежутке между ними присутствуют слои грунта с удельной активностью ²²⁶ Ra более 15 Бк/кг	Потенциально радоноопасная

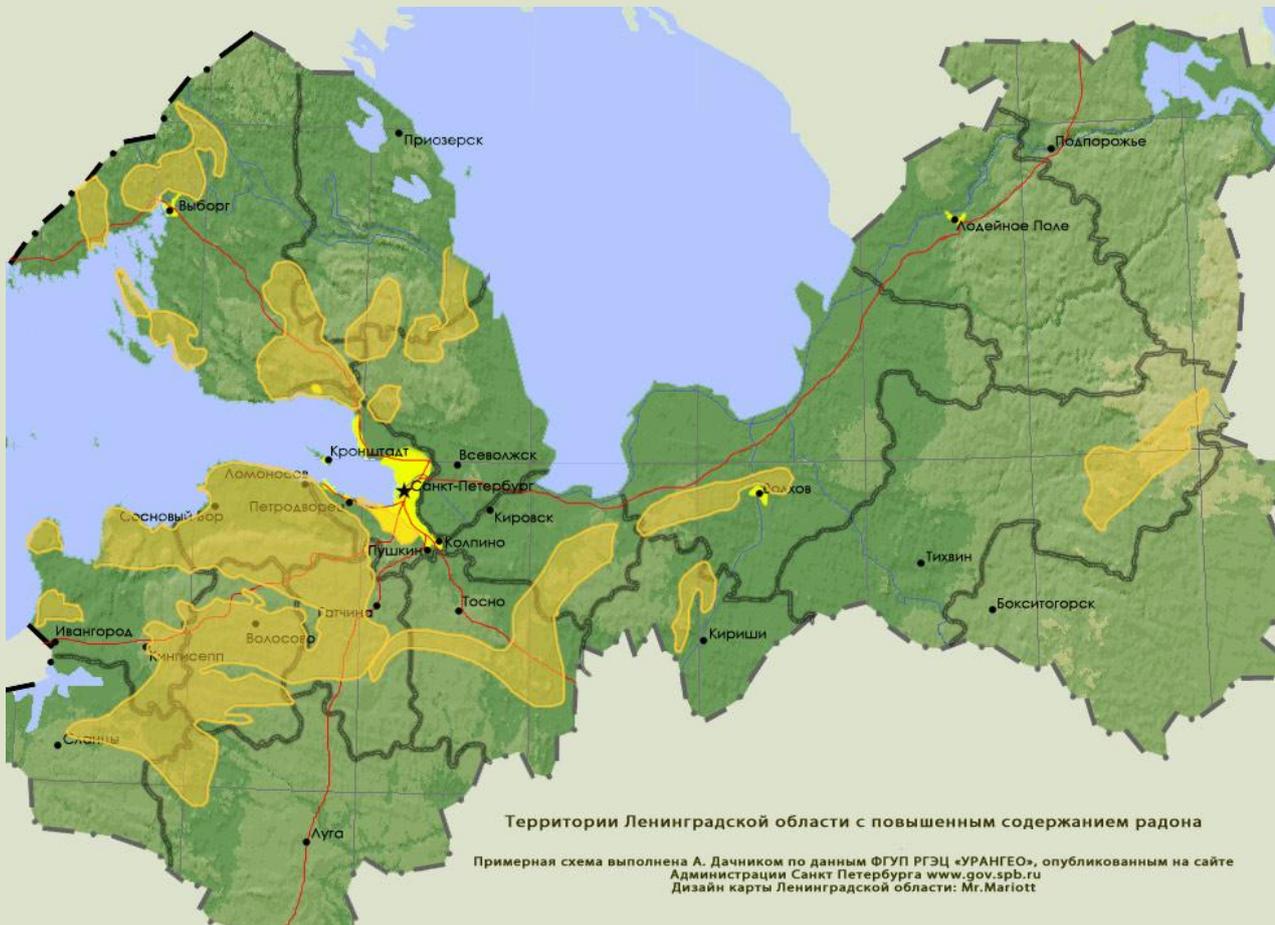
Таблица № R-2.: Оценка радоноопасности площади застройки по результатам определения плотности потока радона (Таблица №2 из ТСН РБ-2003 МО, ТСН 23-354-2004 МО).

Тип здания	Плотность потока радона из грунта на отметке заложения подошвы фундамента, мБк/(м ² хс)	Категория радоноопасности площади застройки
Здания и сооружения дошкольных, общеобразовательных, спортивных и лечебно-оздоровительных учреждений, малоэтажные здания коттеджного типа, а также реконструируемые здания и сооружения без подвальных этажей	< 40 (КУ)	Радонобезопасная
	> 40 (КУ)	Радоноопасная
Жилые, общественные и производственные здания и сооружения с кратностью воздухообмена в помещениях от 0,5 до 1,5 ч ⁻¹	< = 80	Радонобезопасная
	> 80	Радоноопасная
Производственные здания и сооружения с кратностью воздухообмена более 1,5 ч ⁻¹	= > 250	Радонобезопасная
	> 250	Радоноопасная

²⁵ 5. Кольтовер В.К. Радиологическая проблема радона // Радиационная биология. Радиоэкология. 1994. Т. 34. № 2. С. 257–264.

Если вы думаете, что радоновая опасность вам не грозит, просто разыщите в МЧС или в местной администрации карты радоноопасных районов.²⁶ Ниже представлена карта-схема радоноопасных районов Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Радоноопасные территории отмечены на карте бежевым цветом.

Карта № 2 Радоноопасные территории Ленинградской области.



Рекомендации Британского Агентства здравоохранения содержат рекомендации домовладельцам с концентрацией радона в помещениях более 32 Бк/м^3 регулярно производить замеры. А для домов с концентрацией радона в помещениях в диапазоне от 64 Бк/м^3 до 200 Бк/м^3 в Великобритании государство проводит мониторинг концентрации радона в помещении бесплатно для домовладельцев.

Конструкционные способы защиты дома от радона.

Основными являются защитные мероприятия, препятствующие поступлениям радона из грунта в подполье (или в подвальное помещение). В отечественных строительных нормах необходимость защиты дома от радона предусмотрена в следующих документах:

²⁶ При устном отказе чиновников предоставить запрашиваемые вами данные, отправьте им письменные запросы заказным письмом с уведомлением о вручении. Хотя... этих данных может и просто не существовать в природе – массивного обследования территорий и строений на предмет радоновой опасности в России не проводилось.

- **Пункт 4.18 СП 50-101-2004** "Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений" гласит: На участках, где по данным инженерно-экологических изысканий имеются выделения почвенных газов (радона, метана, торина), должны быть приняты меры по изоляции соприкасающихся с грунтом конструкций или другие меры, способствующие снижению концентрации газов в соответствии с требованиями санитарных норм.
- Согласно **пункта 5.1.6 СП 2.6.1.2612-10** "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)" при выборе участков территорий под строительство зданий жилищного и общественного назначения выбираются участки с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения менее **0,3 мкЗв/ч** и плотностью потока радона с поверхности грунта не **более 80 мБк/(м²/с)**. При проектировании здания на участке с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения выше **0,3 мкЗв/ч**, плотностью потока радона с поверхности грунта **более 80 мБк/(м²/с)** в проекте должна быть предусмотрена система защиты здания от повышенных уровней гамма-излучения и радона.
- В **СП 31-105-2002** "Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом" (раздел 5.9 "Защита от почвенных газов") указывается, что при наличии на площадке строительства грунтовых газов, конструкции помещений (кроме гаражей и неогражденных участков дома), соприкасающиеся с грунтом (стены подвалов, полы по грунту, покрытия подземных сооружений), должны иметь изоляционный слой для предотвращения проникновения грунтовых газов. Функции изоляционного слоя могут выполнять влагоизоляционные и гидроизоляционные слои. Там, где не имеется этих слоев, изоляционный слой может выполняться из пароизоляционного материала, например, из полиэтиленовой пленки толщиной 0,15 мм. **Внимание! По данным зарубежных исследований полиэтиленовая пленка является худшим вариантом защиты от радона среди других полимерных пленок! Лучшими изолирующими свойствами от проникновения радона обладают следующие полимерные пленки: поливинилхлоридные, поливинилацетатные, поликарбонатные, пленки с эпоксидным покрытием, пленка Сирлин.**²⁷
- Требования по обеспечению радиационной безопасности при строительстве в Московской области ТСН РБ-2003 МО ТСН, 23-354-2004 МО.

Способы защиты дома от радона подробно описываются в таких документах, как Пособие к МГСН 2.02-97 "Проектирование противорадоновой защиты жилых и общественных зданий" или в "Методических рекомендациях по проектированию защиты от радона новых жилых, общественных и коммунальных зданий", разработанных Лабораторией охраны недр ГУП Институт «БашНИИстрой» по заданию МУП ИСК г. Уфы.

Принципиально пониженное содержание радона во внутреннем воздухе помещений может быть обеспечено за счет:

- выбора для строительства участка с низкими выделениями радона из грунтов;
- применения ограждающих конструкций, эффективно препятствующих проникновению радона из грунтов в здание;
- удаления радона из внутреннего воздуха помещений.

²⁷ H. G. Hammon Noble Gas Permeability of Polymer Films and Coatings // JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE VOL.21, 1989-1997 (1977).

Снижение риска заболеваемости раком легких может достигнуто путем предупреждения курения в помещениях,²⁸ и поддержания низкого уровня запыленности помещений здания.

Выбор технических решений при проектировании противорадоновой защиты зданий осуществляется в зависимости от класса требуемой противорадоновой защиты и конструктивных особенностей здания и экономической целесообразности. Например, по английским данным, увеличение вложений в стоимость защиты здания от радона на 50% снижает концентрацию радона на дополнительные 10%, а удвоение затрат увеличивает эффективность защиты еще на 20%. Перечень рекомендуемых принципов защиты жилых и общественных зданий от радона в зависимости от класса требуемой противорадоновой защиты приведены в таблице:

Таблица № R-3.: Классы противорадоновой защиты зданий.

Средняя по площади здания плотность потока радона на поверхности грунта, мБк/(м ² с)	Классы требуемой противорадоновой защиты здания (характеристика противорадоновой защиты)	Принцип защиты от радона жилых и общественных зданий
Менее 80 Для малоэтажных коттеджей - менее 40. (По данным таблицы №2 из ТСН РБ-2003 МО)	I - Противорадоновая защита не требуется	Противорадоновая защита не требуется
От 80 до 200 Для малоэтажных коттеджей - от 40. (По данным таблицы №2 из ТСН РБ-2003 МО)	II - Умеренная противорадоновая защита	1. Удаление радона из помещений. 2. Герметизации путей поступления радона в здание
Более 200	III - Усиленная противорадоновая защита	1. Герметизации путей поступления радона в здание. 2. Депрессия почвенного основания фундамента.

Таблица № R-4.: Факторы, определяющие выбор технических решений противорадоновой защиты.

№ п/п	Факторы	Принцип влияния
1	Зона радоноопасности	Наличие данных о зарегистрированных значениях плотности потока радона, превышающих 100 Бк/м ³ (по другим данным 80 Бк/м ³), в эксплуатируемых в исследуемом районе зданиях служит основанием для классификации территории как потенциально радоноопасной.
2	Интенсивность выделений радона на участке строительства	Чем выше интенсивность выделений радона из грунта на участке строительства, тем выше должна быть эффективность мероприятий по защите здания от радона.
3	Тип и назначение зданий	Эффективность мероприятий по защите здания от радона рекомендуется принимать в зависимости от типа и назначения зданий (порядок расположения - от менее эффективных к более эффективным):

²⁸ Radon and Public health. RCE-11. Report of independence advisory group on ionizing radiation. Documents of HPA.- 2009.-June.- P.5.

		производственные, городские жилые, малоэтажные жилые коттеджного типа, детские учреждения.
4	Характеристики геологического разреза	В случае, когда верхние слои геологического разреза сложены из плотных, с низкой газопроницаемостью пород (глина), их удаление при рытье котлована может привести к повышению радоновой нагрузки на подземную часть здания. Эффективность мероприятий по защите от радона здания, проектируемого на данном участке, должна быть более высокой, чем для строительных участков, сложенных из грунтов, обладающих высокой газопроницаемостью пород (песок).
5	Уровень грунтовых вод	<p>При высоком уровне грунтовых вод и необходимости устройства дренажной системы она, обладая свойствами коллектора почвенного газа, может оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на радоновую обстановку в основании здания.</p> <p>При проектировании дренажной системы рекомендуется предусматривать пути отвода радона из петли дренажных труб в атмосферу.</p>
6	Схема расположения проемов для ввода-вывода инженерных коммуникаций в подземных ограждающих конструкциях здания.	Рассредоточенность и большое число таких проемов повышает вероятность проникновения через них радона в здание. Необходимо обеспечить надежную герметизацию ввода-вывода всех систем коммуникаций (водопровода, канализации, электрических и телефонных кабелей и т.д.).
7	Заглубление здания	Чем больше заглубление здания, тем выше вероятность повышенных поступлений радона через пол и стены подвала, и тем выше должна быть эффективность мероприятий по защите здания от радона.
8	Назначение помещений цокольного или подвального этажа и длительность пребывания людей в данном помещении	<p>Эффективность мероприятий по защите здания от радона рекомендуется принимать в зависимости от назначения цокольного и подвального этажа здания (порядок расположения - от менее эффективных к более эффективным):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Технические помещения и хозяйственные кладовые, - Гаражи и паркинги, - Учреждения общественного назначения.
9	Характеристики системы вентиляции помещений цокольного или подвального этажа	<p>При достаточной вентиляции помещений цокольного или подвального этажа вероятность проникновения радона из этих помещений в помещения первого этажа снижается.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Необходимо предусматривать естественную вентиляцию помещений цокольного и подвального этажа. - При устройстве слабо вентилируемых подвалов и подполий радоноизолирующая способность их пола и перекрытия должна быть повышенной. - На радоноопасных участках рекомендуется расположение в помещении цокольного или подвального этажа помещений с требуемым повышенным воздухообменом (например, гаражей и паркингов).
10	Качество строительных работ	<p>Радоноизолирующая способность ограждающих конструкций в решающей степени зависит от качества строительных работ.</p> <p>На радоноопасных участках рекомендуется использование качественных материалов и соблюдение технологии их применения.</p>

При выборе типа противорадоновой защиты строящегося здания можно воспользоваться общими выводами и рекомендациями для данного участка строительства, установленными в зависимости от допустимого значения плотности потока радона из грунта на отметке заложения подошвы фундамента зданий с учетом конструктивной особенности зданий. Перечень общих рекомендуемых сочетаний технических решений защиты зданий от радона согласно Пособия к МГСН 2.02-97 приведены в таблице ниже:

Таблица № R-5.: Перечень рекомендуемых сочетаний технических решений противорадоновой защиты с помощью вентиляции (порядок расположения в таблице - от менее эффективных к более эффективным).

№ п/п	Факторы	Принцип влияния
1	Естественная вентиляция подвальных помещений	Вентиляционные проемы в цокольных стенах, обеспечивающие кратность воздухообмена в зимнее время не менее 0,5 м ³ /ч. В радоноопасных районах суммарная площадь продухов для вентиляции подвала должна составлять минимум 1/100 – 1/150 от площади подвала [пункт 3.1 Пособие к МГСН 2.02-97].
2	Принудительная вентиляция подвальных помещений	Система принудительной приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающие кратность воздухообмена в зимнее время не менее 1,0 м ³ /ч
3	Покрытие	Защитный слой из бетона, защитный слой из цементно-песчаного раствора, покрытие из мастичного материала, выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, бетонная подготовка
4	Мембрана	Защитный слой из бетона, защитный слой из цементно-песчаного раствора, 1-2 слоя рулонного гидроизоляционного материала, выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, бетонная подготовка
5	Барьер	Сплошная монолитная плита из трещиностойкого железобетона, бетонная подготовка, песчаная подсыпка. При проектировании дренажной системы рекомендуется предусматривать пути отвода радона из петли дренажных труб в атмосферу.
6	Барьер + покрытие	Сплошная монолитная плита из трещиностойкого железобетона, защитный слой из цементно-песчаного раствора, 2-3 слоя рулонного гидроизоляционного материала, выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, бетонная подготовка
7	Барьер + мембрана	Сплошная монолитная плита из трещиностойкого железобетона, защитный слой из цементно-песчаного раствора, 2-3 слоя рулонного гидроизоляционного материала, выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, бетонная подготовка
8	Барьер + мембрана (покрытие) + коллектор радона + депрессия коллектора путем естественной вытяжки почвенного газа	Сплошная монолитная плита из монолитного железобетона, защитный слой из цементно-песчаного раствора, 2-3 слоя рулонного гидроизоляционного материала (или обмазочного материала), выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, стяжка из тощего бетона, слой гравия + вытяжные трубы, песчаная подсыпка.
9	то же + депрессия коллектора путем принудительной вытяжки почвенного газа	То же + вентиляционное оборудование

При выборе варианта технического решения защиты дома от радона учитывается тип фундамента, назначение цокольного или подземного этажа здания и длительность пребывания людей в данном

помещении, класс требуемой противорадоновой защиты, категория радоноопасности участка для строительства.

Общие рекомендации по защите дома от радона:

- В жилых зданиях следует предусматривать вентиляцию (с естественным побуждением), проектируемую согласно СНиП 2.04.05-91;
- Не допускается использование цокольного или подземного этажа здания для жилья.

Детальные рекомендации по выбору технических решений по защите дома от радона представлены в таблице:

Таблица № R-6.: Варианты технических решений в зависимости от класса противорадоновой защиты

№ п/п	Назначение цокольного или подземного этажа здания	Типы фундамента здания	Типы технических решений и их сочетания	Элементы конструкции или оборудование
Тип здания: Жилые, общественные здания Поток радона 80 – 200 мБк/м²с (для малоэтажных коттеджей - более 40 мБк/м²с. См. таблицу №2 из ТСН РБ-2003 МО) Класс противорадоновой защиты: II (Умеренная противорадоновая защита)				
1.1.1	Технические помещения, хозяйственные кладовые	Ленточный и свайный	Герметизация путей поступления радона в здание	Радоноизолирующая пропитка помещения цокольного или подземного этажа
1.1.2	Технические помещения, хозяйственные кладовые	Плитный монолитный железобетонный	Не требуется	-
1.2.1	Гаражи, паркинги. Помещения с воздухообменом	Ленточный и свайный	Герметизация путей поступления радона в здание	Радоноизолирующее покрытие помещения цокольного или подземного этажа
1.2.2	Гаражи, паркинги. Помещения с воздухообменом	Плитный монолитный железобетонный	Не требуется	-
1.3.1	Учреждения общественного назначения	Ленточный и свайный	1.Удаление радона из помещений и 2.Герметизации путей поступления радона в здание.	1.Принудительная вентиляция помещений цокольного или подземного этажа и 2.Радоноизолирующая мембрана помещения цокольного или подземного этажа
1.3.2	Учреждения общественного назначения	Плитный монолитный железобетонный	1.Удаление радона из помещений и 2.Герметизации путей поступления радона в здание.	1.Естественная вентиляция помещений цокольного или подземного этажа и 2. Радоноизолирующая пропитка помещения цокольного или подземного

этажа

Тип здания: Жилые, общественные здания

2. Поток радона >200 мБк/м²с

Класс противорадоновой защиты: III (Усиленная противорадоновая защита)

2.1.1	Технические помещения, хозяйственные кладовые	Ленточный и свайный	Герметизации путей поступления радона в здание	Радоноизолирующая мембрана цокольного или подземного этажа
2.1.2	Технические помещения, хозяйственные кладовые	Плитный монолитный железобетонный	Герметизации путей поступления радона в здание	Радоноизолирующее покрытие цокольного или подземного этажа
2.2.1	Гаражи, паркинги. Помещения с воздухообменом	Ленточный и свайный	Герметизация путей поступления радона в здание	Барьер + мембрана цокольного или подземного этажа
2.2.2	Гаражи, паркинги. Помещения с воздухообменом	Плитный монолитный железобетонный	Герметизация путей поступления радона в здание	Радоноизолирующая мембрана цокольного или подземного этажа
2.3.1	Учреждения общественного назначения	Ленточный и свайный	Герметизация путей поступления радона в здание + депрессия грунтового основания фундамента	Радоноизолирующая мембрана + коллектор радона + депрессия грунтового основания помещения цокольного или подземного этажа путем принудительной вытяжки почвенного газа
2.3.2	Учреждения общественного назначения	Плитный монолитный железобетонный	Герметизация путей поступления радона в здание + депрессия грунтового основания фундамента	Радоноизолирующая мембрана + коллектор радона + депрессия коллектора путем естественной вытяжки почвенного газа

Противорадоновые мероприятия в проектируемых и строящихся зданиях.

Основными противорадоновыми мероприятиями в проектируемых и строящихся зданиях являются:

1. Вентиляция помещений и создание положительной разности давлений между конструкцией здания и наружной атмосферой.
2. Герметизация путей поступления радона в здание.
3. Депрессия почвенного основания фундамента.

1. Положительная разность давлений между оболочкой здания и наружной атмосферой достигается работающей системой приточно-вытяжной вентиляции. При этом нагнетанием воздуха создается некоторое избыточное давление, как во всем здании, так и в его отдельных частях, имеющих непосредственный контакт с почвой (в цокольных и подвальных этажах, подпольных пространствах). Ориентация работы системы вентиляции на создание избыточного давления в отдельных частях здания или в здании в целом - более эффективная мера по снижению объемной активности радона, чем простое увеличение кратности воздухообмена в помещениях. Вентилирование помещений достигается замещением внутреннего воздуха с высоким содержанием радона наружным воздухом. Вентиляция является вспомогательным средством, дополняющим другие решения по защите здания от воздействия

радона. Увеличение интенсивности вентиляции (кратности воздухообмена) не всегда экономически оправданно, т.к. ведет к увеличению затрат на электроэнергию и на отопление здания. Неправильно организованная вентиляция может увеличить уровень радона в здании или в ряде его помещений.

1.1. Естественная вентиляция помещений. Концентрация радона в домах в странах с холодным климатом зимой обычно в 2 раза выше, чем летом. Это объясняется скудным режимом проветривания помещений в холодное время года. За сутки в непроветриваемых помещениях концентрация радона может возрасти в несколько раз. Открываемые вентиляционные отверстия и окна необходимо располагать в нижней части здания по возможности на всех сторонах здания или на его противоположных сторонах. Открытие вентиляционных окон только в верхней части здания увеличивает эксфильтрацию теплого воздуха из здания, но не изменяет инфильтрацию холодного наружного воздуха внутрь здания. При этом может произойти инфильтрация не наружного, а почвенного воздуха, обладающего высокой объемной активностью радона. Открытие вентиляционных окон на одной стороне здания создает ветровыми потоками зону разрежения, образует разность давлений, увеличивающую инфильтрацию почвенного воздуха.

Расположение нейтральной плоскости здания (в нейтральной плоскости помещения избыточное давление равно нулю, и она делит помещение на нижнюю часть, где происходит приток воздуха, и верхнюю, через которую происходит вытяжка воздуха) зависит от его конструкции, разности между наружной температурой и температурой воздуха в здании и режимов работы систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. Для зданий, имеющих подпольное пространство, или зданий с плитой перекрытия, лежащей непосредственно на грунте, уровень нейтральной плоскости ориентировочно располагается между серединой и потолком первого этажа. В зданиях с подвальным помещением нейтральная плоскость проходит примерно на уровне одного метра от пола этажа, расположенного непосредственно над подвалом, поэтому в этом случае для вентиляции лучше использовать окна, имеющиеся в подвальном помещении.

1.2. Принудительная вентиляция. В жилых зданиях следует предусматривать отопление и вентиляцию (с естественным побуждением), проектируемые согласно СНиП 2.04.05-91*. Для радоновой защиты зданий вентиляторы должны работать как приточные, а не как вытяжные. Приточная вентиляция при своей работе повышает уровень атмосферного давления в здании, уменьшая инфильтрацию почвенного воздуха, обусловленную конвективными процессами. Вытяжная вентиляция снижает давление в здании, потенциально увеличивая поступление почвенного воздуха с радоном. Установка вентиляторов в одном или нескольких окнах, расположенных ниже нейтральной плоскости – вариант приточной вентиляции. Также можно организовать одно или нескольких вентиляционных отверстий в стене дома и нагнетание

через них наружного воздуха (с помощью монтажа закрытого решеткой вентилятора на наружной стене здания или непосредственно в стене). Также можно установить вентилятор, соединенный с вентиляционным отверстием воздуховодом, внутри здания. Воздушные потоки, возникающие вблизи вентиляторов или вентиляционных отверстий, должны быть направлены воздуховодами в места, удаленные от мест постоянного пребывания людей. Расчетные параметры воздуха и кратность воздухообмена в помещениях следует принимать в соответствии с обязательным приложением 7 МГСН 3.01-96 (Таблица №5 пп. 1-2). Мощность вентилятора должна быть высокой для обеспечения значений воздушных потоков около $0,2-0,5 \text{ м}^2/\text{с}$, необходимых для снижения объемной активности радона. Типовые конструкции оконных вентиляторов позволяют обеспечить воздушные потоки $0,2-0,8 \text{ м}^3/\text{с}$. Если производительность вентилятора составляет $0,2 - 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$, то для снижения потока радона примерно в 10 раз потребуется несколько вентиляторов. Вентиляторы должны обеспечивать значительный приток воздуха ниже уровня нейтральной плоскости здания.

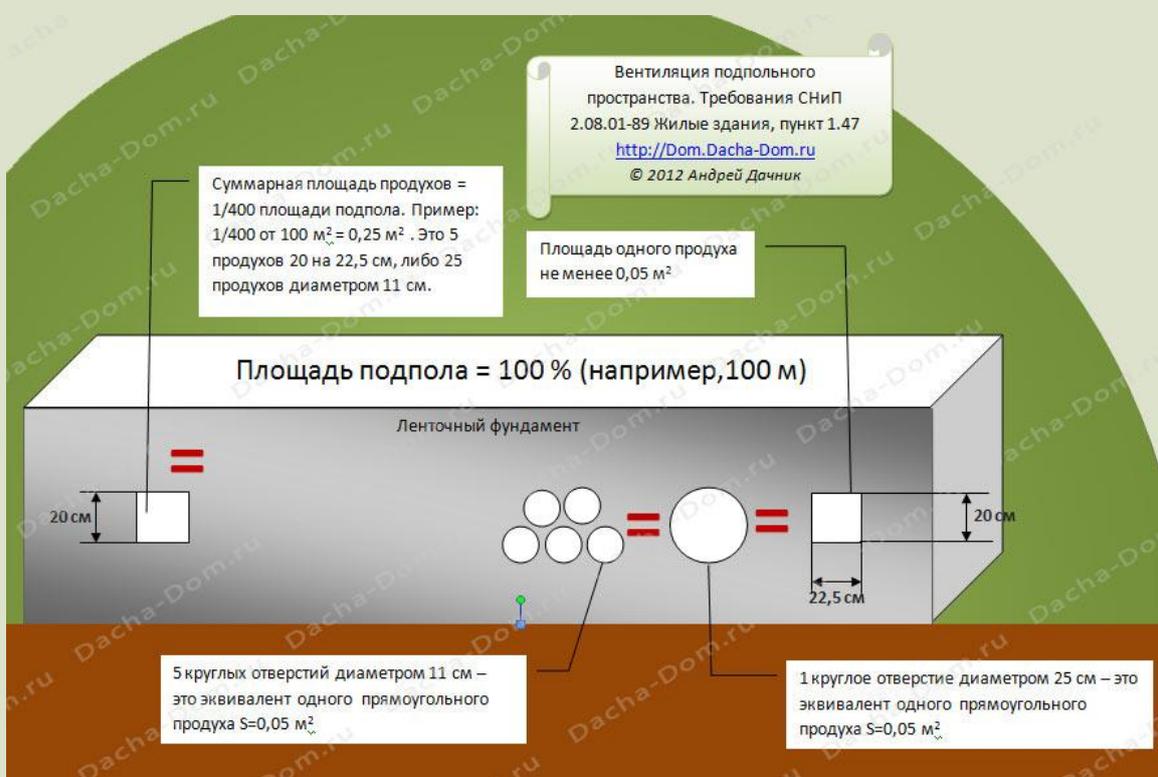
Допускается устройство систем приточно-вытяжной механической вентиляции или кондиционирования воздуха. При этом, как правило, следует предусматривать утилизацию тепла (холода) вытяжного воздуха. Для помещений с нормируемой вытяжкой компенсацию удаляемого воздуха следует предусматривать как за счет поступления наружного, так и за счет перетекания воздуха из других помещений данной квартиры. Вытяжную вентиляцию помещений квартир (спален, общей комнаты, кабинета, библиотеки), а также жилых комнат общежитий допускается предусматривать через вытяжные каналы кухонь, уборных, ванных или душевых, совмещенных санузлов.

При установке поквартирных генераторов теплоты газоход от водонагревателя следует проектировать как дополнительный вытяжной канал. В системах с естественным побуждением местные вентиляционные каналы одной квартиры (одноквартирного дома) допускается объединять в сборный вентиляционный канал с подсоединением их к сборному каналу на одном уровне выше обслуживаемых помещений не менее чем на 2 м. Не допускается объединение вентиляционных каналов из помещений поквартирных генераторов теплоты и гаражей с вентиляционными каналами из кухонь, уборных, ванных или душевых, совмещенных санузлов, кладовых для продуктов, из сауны и из тренажерного зала.

1.3. Вентиляция зданий с подпольным пространством. Подпольное пространство играет роль буфера с низкой объемной активностью радона, разность давлений между ним и почвенным воздухом отсутствует. Для изолированного от жилой зоны подпольного пространства необходимо создать или открыть уже существующие в нем вентиляционные отверстия на нескольких сторонах здания. Для эффективного снижения потока радона в здание такая естественная вентиляция подпольного пространства должна осуществляться круглогодично. (Поэтому не стоит закрывать продухи в фундаменте

на зиму.) В радоноопасных районах суммарная **площадь продухов** для вентиляции подвала должна составлять **минимум 1/100 – 1/150 от площади подвала** [пункт 3.1 Пособие к МГСН 2.02-97]. При этом необходимо предусмотреть теплоизоляцию проходящих там труб водо- и теплоснабжения, а также пола жилой зоны, расположенной непосредственно над подпольным пространством (если в том будет необходимость). При организации принудительной вентиляции подпольного пространства рекомендуется делать ее приточной. Если подпольное пространство сообщается с жилыми помещениями, то рекомендуется его изоляция путем установки герметизированного люка, двери и т.д. в зависимости от конструктивных особенностей здания.

Схема №9. Вентиляция подпольного пространства по требованиям СНиП 2.08.01-89

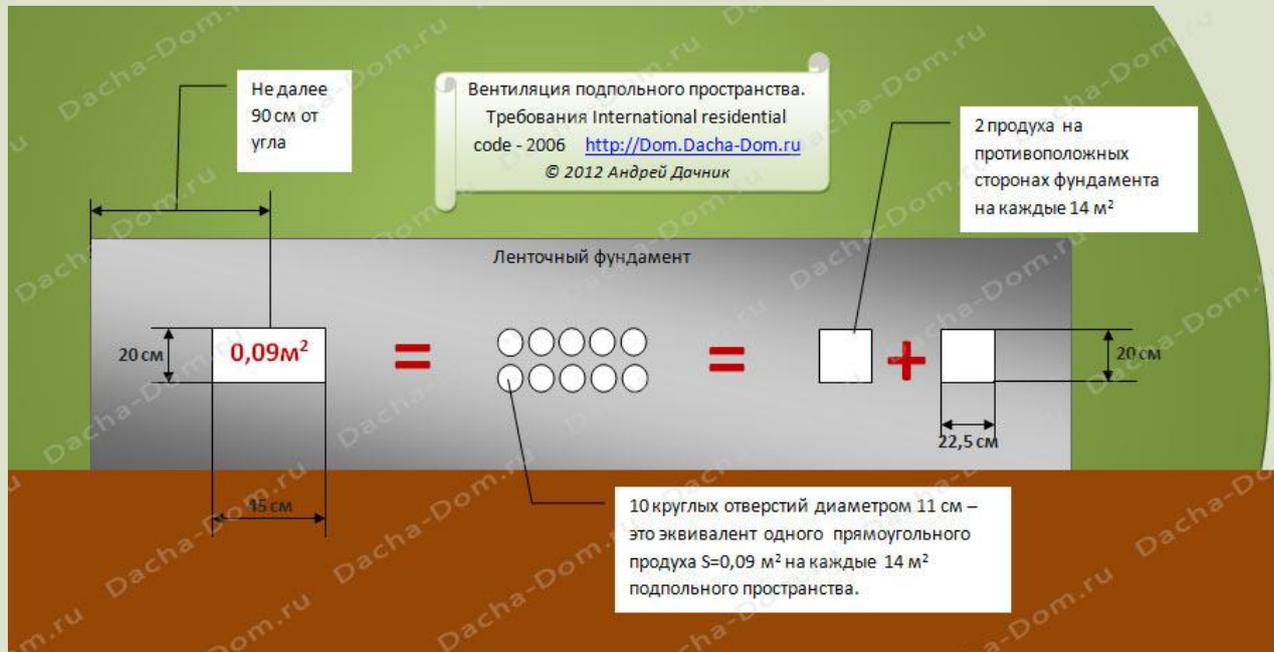


В **радонобезопасных районах** для вентиляции подпола достаточно сквозных продухов в ленточном фундаменте по нормам, предусмотренным пунктом 1.47 СНиП 2.08.01-89 «Жилые здания». По этим нормам в наружных стенах подвалов и технических подполий, не имеющих вытяжной вентиляции, следует предусматривать продухи общей площадью не менее **1/400** площади пола технического подполья, подвала, равномерно расположенные по периметру наружных стен. Площадь одного продуха должна быть не менее **0,05 м²**. В абсолютном большинстве случаев самодельных ленточных фундаментов площадь продухов для вентиляции недостаточна, и не может обеспечить адекватной вентиляции подпольного пространства. Скажем, для вентиляции подпола площадью **100 м²** по нормам требуется **25** круглых в сечении продухов диаметром **11 см**, а не **4-8** продухов, как обычно делают.

Требования Международного строительного кода для жилых домов [IBC/IRC 2006 R408.1] требуют больших площадей вентиляционных продухов в ленточных фундаментах: **1/155** площади вентилируемого пространства (**0,09 м²** на каждые **14 м²** площади). При этом размер любого проходного элемента через

бетон не может быть больше $1/3$ ширины фундаментной ленты. Проходные элементы не могут быть расположены ближе друг к другу, чем через промежуток равный 3 своим диаметрам [раздел 6.3 ACI 318-08].

Схема №10. Вентиляция подпольного пространства по требованиям IRC-2006



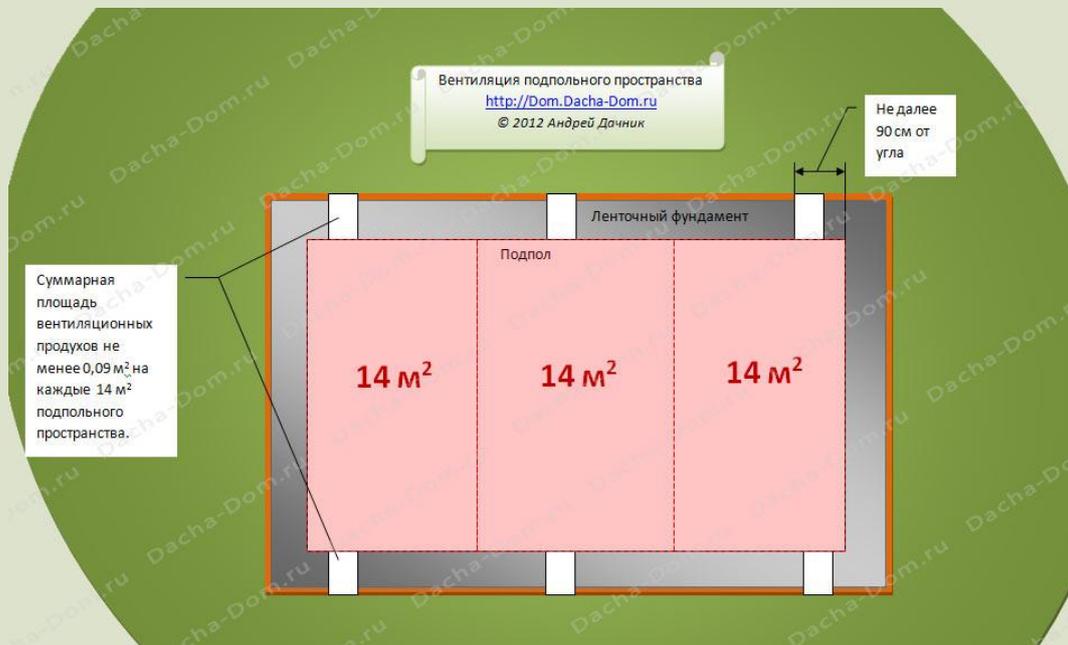
Вентиляционные продухи должны располагаться на расстоянии не дальше **91 см** от углов фундамента, чтобы не возникало неветилируемых "мешков" в подполе. Рациональнее делать продухи прямоугольной формы, так как прямоугольник (квадрат) имеет большую площадь по сравнению со вписанной в него окружностью.

Внимание! В **радоноопасных районах** суммарная площадь продухов для вентиляции подвала должна составлять минимум $1/100 - 1/150$ от площади подвала [пункт 3.1 Пособие к МГСН 2.02-97].

Стоп-халтура! Необходимо отдельно сказать о распространенной «народной» традиции закрывать продухи в ленточном фундаменте на зиму. Когда продухи в ленточных фундаментах закрываются, чтобы "беречь тепло" в доме, влага из почвы продолжает поступать в подпол (грунт не промерзает под отапливаемым домом с заткнутыми продухами вентиляции фундамента). Также продолжает поступать в подпол дома и радон. Поскольку вентиляции подвала нет, а температура поверхностей ограждающих конструкций отрицательная - влага конденсируется и замерзает на поверхностях перекрытий и фундамента. Радон же находит свой путь в дом через щели и неплотности перекрытий и полов. Согласно таблице №2 СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника» разница температур воздуха в подпольном пространстве с температурой поверхности подвальных перекрытий не должна превышать **2 °C**. Данное условие может быть выполнено только при наличии продухов в фундаментных стенах.

Не закрывайте продухи в ленточном фундаменте зимой - вы вредите и здоровью дома и своему собственному! Беречь же тепло в доме должны не закрытые продухи в фундаменте, а достаточное утепление перекрытия: минимум **20 см** минеральной ваты (а не **5-10-15 см** - как обычно делают самодеятельные строители).

Схема №11. Вентиляция подпольного пространства по требованиям ИВС/IRC-2006



Стоп-халтура! Из вышеприведенного материала следует, что большинство российских самодельных ленточных фундаментов с «продухами» из тонких труб имеют недостаточный объем вентиляции для удаления из подпола влаги и опасных для здоровья почвенных газов.

Отказаться от продухов вентиляции подпольного пространства по нормам IRC-2006 R408.3 можно при выполнении следующих условий:

- грунт в подполе укрыт паронепроницаемой пленкой с нахлестом **15 см** (отечественные нормы – **30 см**) между собой и на края с проклейкой.
- в подполе установлена постоянно действующая вентиляционная система, прокачивающая не менее **0,5 литров** воздуха на каждые **5 метров площади в секунду** и при этом фундамент и грунт вокруг него утеплен.
- Подпол используется как хранилище и имеет открытое сообщение с жилым помещением.

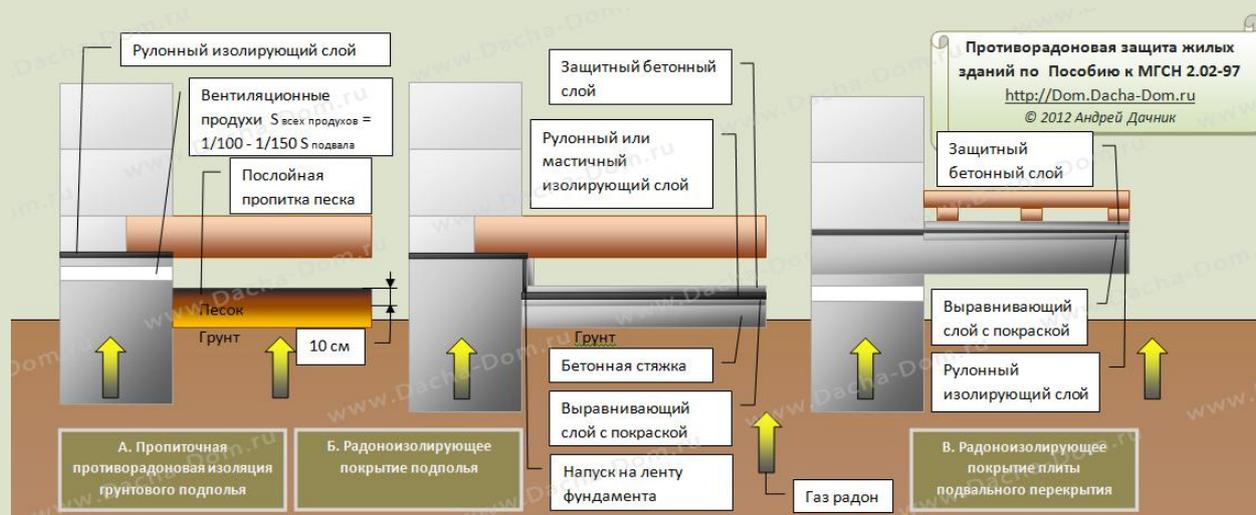
Планируя в доме подпол или подвал, проход в который откроет доступ в дом радону из грунта, и будет служить накопительной емкостью для радона, подумайте, не безопаснее ли устроить отдельный поверхностный ледник на участке, если вам не хватает холодильника и морозильной камеры. К тому же каждый раз, спускаясь в погреб, вы дышите воздухом с повышенной концентрацией радона, который, будучи в **7,5 раза** тяжелее воздуха, накапливается во всех доступных неветилируемых низинах.

2. Герметизация путей поступления радона в здание обязательно должна сопровождать мероприятия по устройству депрессии почвенного основания фундамента. Иначе поступление радона в здание не только не уменьшится, но значительно возрастет. Решение герметизации путей поступления радона в здание осуществляется обустройством защиты твердой поверхности элементов ограждающих конструкций:

- 2.1. Устройство газонепроницаемой, сплошной, монолитной железобетонной плиты (барьер), которая может служить фундаментом дома, полом или перекрытием подвала.
- 2.2. Устройство послойного пласта (толщиной не менее 10 см) изоляционной защиты из глины или песка путем последовательной обработки каждого слоя пропиточным составом (пропитка).
- 2.3. Устройство одного или нескольких слоев жидкой изоляционной защиты (покрытие) на внешней или внутренней твердой поверхности ограждающей конструкции или между ее элементами.
- 2.4. Устройство изоляционной защиты (мембрана) на несущих конструкциях фундаментных плит, стен и перекрытий подвалов.

Если вы хотите устроить висячие деревянные перекрытия на ленточном фундаменте, то вам придется предусмотреть несколько мер конструктивной защиты от радона: **изоляция грунта под домом и вентиляцию подпольного пространства**. Для дома на ленточном фундаменте можно предложить три варианта защиты жилого пространства от проникновения радона. Оптимальным и с точки зрения радоновой безопасности, и с конструктивной точки зрения является устройство монолитных бетонных плит перекрытия по грунту или плавающего бетонного пола-стяжки по грунту. При этом грунт внутри надземной части ленточного фундамента укрывается полимерной пленкой в несколько слоев и засыпается песком, который утрамбовывается. Поверх песка укладывается еще один слой гидроизоляции - пароизоляции и отливается армированная плита.

Схема №11-А. Противорадоновая защита жилых зданий. (По материалам Пособия к МГСН 2.02-97)



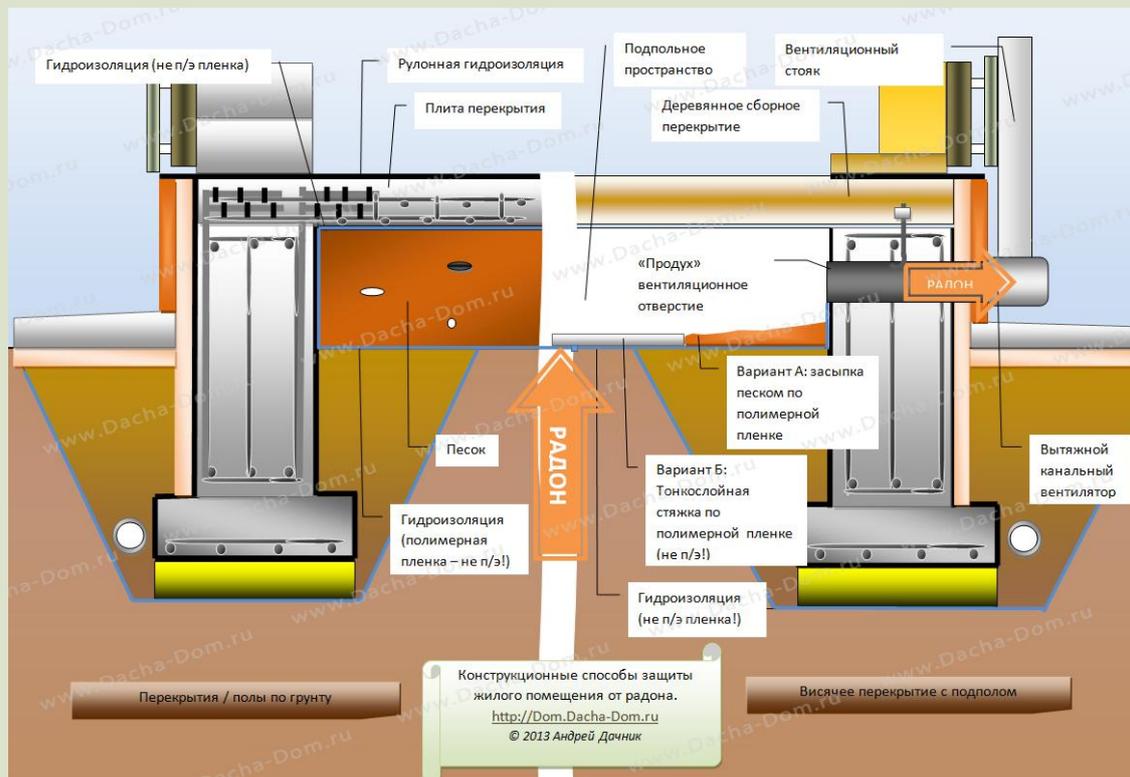
Важно! Хотя в СП 31-105-2002 указано, что изоляция грунта может выполняться застилкой поверхности слоем толстой полиэтиленовой пленки, по данным Университета Калифорнии **полиэтиленовая пленка в несколько десятков раз более проницаема для радона**, чем другие виды полимерных пленок: поливинилхлоридных, поливинилацетатных, поликарбонатных, пленок с эпоксидным покрытием, и пленки Сирлин.²⁹ Использование данных видов пленок для защиты от почвенных газов предпочтительнее. Пленки расстилаются по грунту для с нахлестом листов не менее 30 см и проклейкой. Пленка заводится на внутренние стенки ленточного фундамента, приклеивается, и засыпается слоем песка 15-20 см. В главе 5 свода правил СП 31-105-2002 «Фундаменты, стены подвалов, полы по грунту» предусматривается следующий комплекс мер по защите зданий от почвенных газов:

²⁹ Н. George Hammon. Noble Gas Permeability of Polymer Films and Coatings // JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE VOL.21, 1989-1997 (1977).

- Изоляционные слои для предотвращения проникновения грунтовых газов, функции которых могут выполнять влагоизоляционные и гидроизоляционные слои, либо отдельный пароизоляционный слой из рулонного битумно-полимерного материала. Стыковые соединения пароизоляционного материала должны выполняться внахлестку с шириной перекрытия не менее 30 см. В случае устройства покрытия пола по бетонной плите изоляционный слой укладывается поверх бетонной плиты. Стыки пароизоляционного материала должны быть герметизированы.
- Стыки между плитой пола по грунту и стенами подвалов, а также все зазоры в плитах по грунту в местах пропуска труб и других конструктивных элементов должны быть герметизированы с применением нетвердеющих герметиков.
- Отверстия для стока воды в плитах полов по грунту должны иметь гидравлические затворы для предотвращения проникновения грунтовых газов.

Устройство перекрытий и полов по грунту детально будет рассмотрено в отдельной главе в конце книги. Гидроизоляция под стеновыми материалами также способна предотвратить диффузию почвенных газов в пористые стеновые материалы (в том числе и обыкновенный тяжелый бетон). Второй вариант – устройство тонкой армированной бетонной стяжки по гидроизоляции на всем подпольном пространстве по грунту. В этом случае по выровненной поверхности стяжки наплавляется или наклеивается рулонный полимерно-битумный материал, который защищается сверху еще одним слоем бетона. Третий упрощенный вариант создания барьера для почвенных газов – это послойная пропитка радонозащитными битумными мастиками (см. Таблицу № R-7) песчаной засыпки в подполе толщиной не менее 10 см.

Схема №12. Конструкционные способы защиты от избыточной концентрации радона в жилом помещении.



Перечень изоляционных материалов, рекомендуемых для устройства радоноизолирующих покрытий и пропиток отражен в нижеприведенной таблице:

Таблица № R-7.: Перечень мастичных и пропиточных изоляционных материалов, рекомендуемых для устройства радоноизолирующих покрытий и пропиток и перечень рулонных изоляционных материалов, рекомендуемых для устройства радоноизолирующих мембран.

Мастичные и пропиточные изоляционные материалы	Рулонный изоляционный материал	Способ укладки рулонного материала
ВЕНТА-У	Унифлекс	наплавление
БИТУРЭЛ	Бикроэласт	наплавление
ГИКРОМ	Биполь	наплавление
ГИДРОФОР	Техноэласт	наплавление
ПОЛИКРОВ-М	КТфлекс	наплавление
АРНИС	Изоэласт	наплавление
БЭЛАМ	Изопласт	наплавление
УНИКС	КТэласт	наплавление
БЛЭМ-20	Стеклоизол	наплавление
МАГ-1	Рубитекс	наплавление
МАГ-2	Стекломаст термопластичный	наплавление
Состав радоноизоляционный пленкообразующий марки РИ-Л	Кровлелон	приклеивание
Состав радонозащитный пропиточный марки РЗ-ПС	Кровлелен	приклеивание
Состав радонозащитный пропиточный марки РЗ-Л	Элон	приклеивание
	Бутилон	приклеивание
	Поликров	приклеивание

3. Депрессия почвенного основания фундамента. Депрессия (то есть создание зоны пониженного давления) грунта под зданием обеспечивается за счет устройства гравийной подушки под возводимым фундаментом здания с применением перфорированных пластиковых или пористых керамических труб, уложенных в эту подушку и почву по периметру здания. Трубы могут использоваться для вентиляции почвы и для дренирования почвенных вод. Капитальные стены, уходящие в землю ниже пола подвального помещения, и разбивающие все пространство под зданием на несколько изолированных участков, могут явиться проблемой для обеспечения высокой проницаемости воздуха под всей

площадью здания. Депрессия почвенного основания фундамента может быть достигнута даже при одной точке откачки почвенного воздуха, при условии достаточно хорошего сообщения между различными участками почвы под зданием (даже в случае капитальных внутренних стен). В этом случае для обеспечения депрессии основания фундамента одной точкой откачки почвенного воздуха, в стенах следует сделать ряд отверстий, находящихся на уровне гравийной подушки под зданием. Для монолитного фундамента это может быть осуществлено путем закладки поперек стены отрезков керамической трубы. Для стен фундамента, возводимых из пустотелых бетонных или шлаковых блоков, возможна установка нескольких блоков в стене таким образом, чтобы отверстия в них шли горизонтально и соединяли между собой различные участки гравийной подушки под зданием.

При возведении фундамента здания на радоноопасных участках можно заранее предусмотреть в нем отверстия с установленными в них короткими отрезками труб диаметром 10 см для всасывающих воздухопроводов системы депрессии почвенного основания фундамента. В случае высоких уровней радона в возведенном здании, к трубам может быть прикреплена входящая в общую конструкцию здания система вытяжных воздухопроводов, направленная в чердачное помещение и далее на улицу. Это обеспечит здание при эксплуатации действующей активной системой депрессии почвенного основания фундамента. На первом этапе строительства здания вентилятор на эту систему не устанавливается, и она функционирует в так называемом пассивном режиме.

Вентиляция почвы осуществляется за счет естественного стек-эффекта и ветрового взаимодействия с вытяжной трубой на крыше здания. Если активность радона в здании превышает допустимые уровни, то на уже имеющуюся в здании систему воздухопроводов легко может быть установлен вытяжной вентилятор, расположенный в чердачном помещении. Если результаты исследования покажут, что в возводимом здании повышенный уровень радона маловероятен, или будет принято решение не монтировать систему вентиляции почвы, то после установки труб для подключения воздухопроводов в плиту фундамента их горловина тщательно герметизируется. При этом желательно, чтобы конструкция здания позволяла в случае необходимости быстро и экономично произвести монтаж всей системы вытяжных или нагнетательных воздухопроводов.

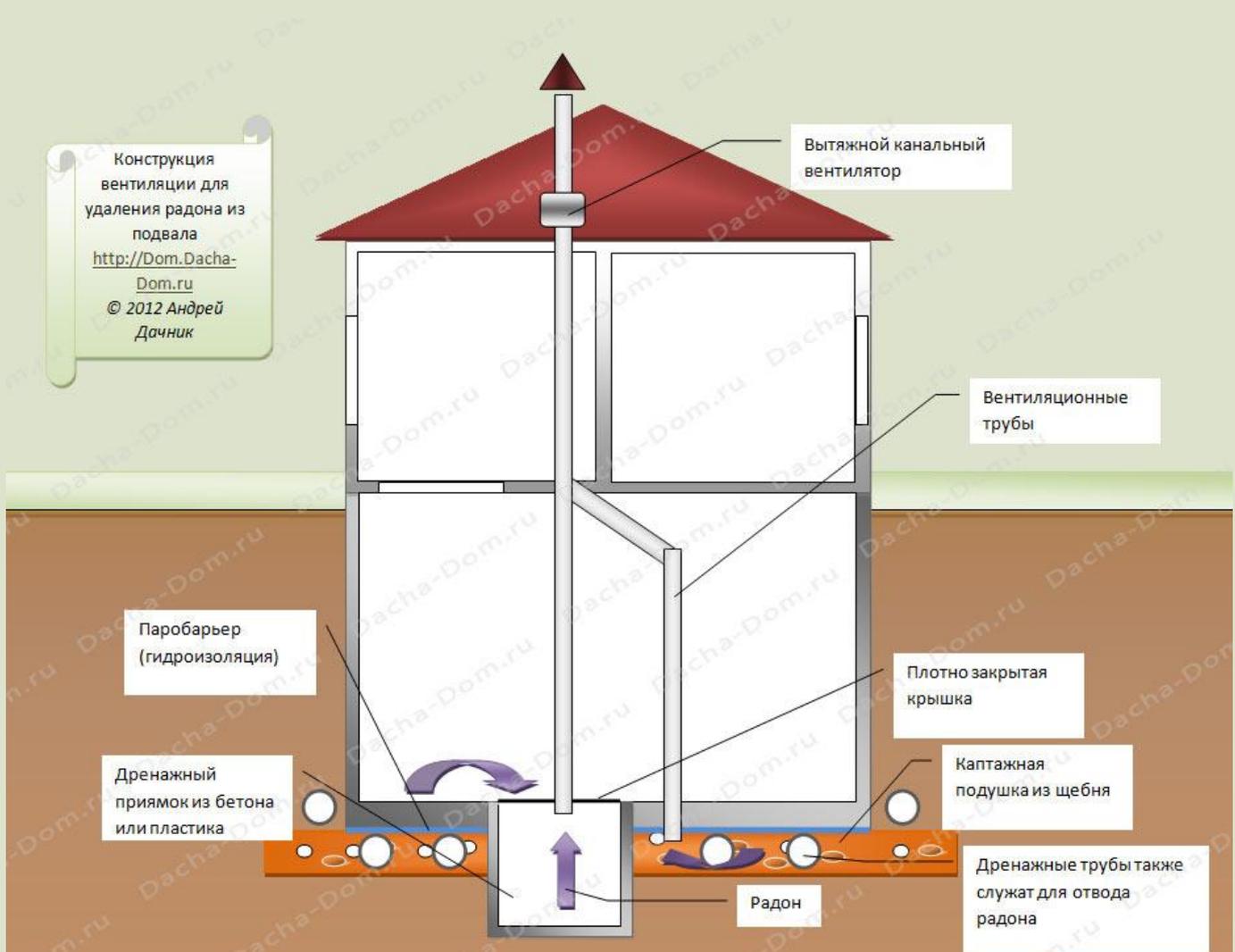
Если же подвал или цокольный этаж крайне необходим вам или уже существует, то снизить концентрацию радона в нем можно путем устройства дополнительной вытяжной вентиляции. Для адекватной вентиляции подвала в нем необходимо устроить дренажный приямок, если у вас его еще нет. Приямок можно выполнить из армированного бетона или прочной пластиковой емкости. Приямок находится ниже уровня пола подвала и служит для сбора радона, который стекает в нижние точки помещений.

При новом строительстве под фундаментную плиту закладывают подушку из щебня без песочного заполнителя. Такая подушка, отсечена сверху пароизоляцией (полиэтиленовой пленкой) будет служить своеобразной «подземной каптажной емкостью» для радона. В щебеночной подушке прокладываются дренажные трубы, которые также будут отводить радон вниз по рельефу. В приямок и в каптжную подушку из щебня прокладываются пластиковые вентиляционные трубы. При использовании принудительной вытяжки эффективная работа системы защиты обеспечивается при установке одной подземной трубы из расчета на **100 -120 м²** защищаемой площади и использовании вентилятора низкого давления с производительностью от **150 до 250 м³/ч**. Вентиляторы должны иметь герметичный корпус и располагаться в вертикальной части труб как можно ближе к точке выброса почвенного газа в атмосферу.

Сброс вентилируемого воздуха из них выводится на крышу. На чердаке устанавливается мощный вытяжной канальный вентилятор для создания необходимого разрежения для удаления радона. Точки выброса почвенного газа в атмосферу должны располагаться:

- не менее чем на 0,5 м выше верхней отметки крыши;
- не менее чем на 3 м выше уровня земли;
- не менее чем на 3 м от любых проемов в наружных ограждающих конструкциях защищаемого или соседнего здания [пункт 3.6 Пособия к МГСН 2.02-97].

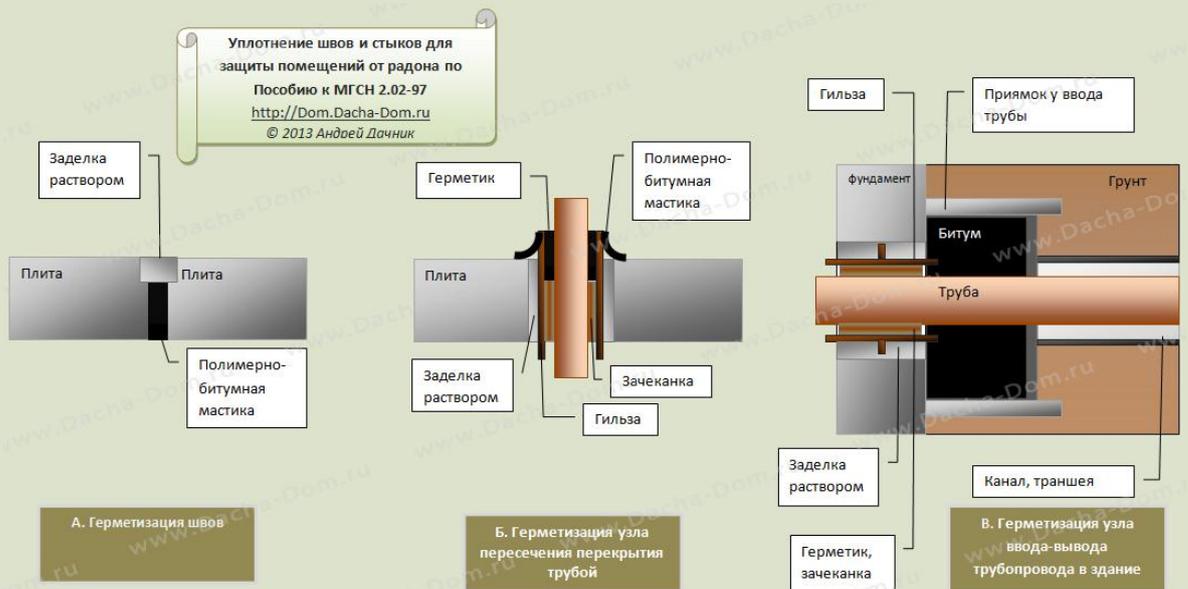
Схема №13. Конструкционный способ снижения концентрации радона в подвале или цокольном этаже.



К необходимым мерам защиты дома от радона также следует отнести:

1. Тщательную заделку щелей в полу и уплотнение всех технологических отверстий вокруг проходящих через перекрытия коммуникаций. Глубина заделки швов минимум 1,5 см. Стык между полом и стеной следует герметизировать эластичным герметиком.

Схема №13-А. Уплотнение швов и стыков для защиты помещений от радона.



2. Все водостоки в доме должны быть оборудованы водяными затворами: сифонами, трапами.
3. Используйте пароизоляционные пленки при устройстве полов, плит перекрытий и засыпок. Пленка должна быть соединена с проклейкой скотчем с нахлестом не менее **30 см**.
4. При заливке фундаментных плит используйте адекватную толщину бетона (**12 см** минимум), правильное армирование и дополнительные арматурные стеклосетки, чтобы избежать растрескивания бетона.
5. Все двери, люки в подвал, подпол должны быть уплотнены с использованием современных адгезивных профильных уплотнителей.
6. Стены подвала должны быть покрыты гидроизоляцией снаружи. При невозможности наружной гидроизоляции следует выполнить тщательную внутреннюю гидроизоляцию стен подвала. Наружный кольцевой пристеночный и подлежащий дренаж помогает снизить напор почвенных газов.
7. Обеспечьте адекватную вентиляцию жилых помещений и возможность сквозного проветривания.
8. Входы в подвалы и подполы желательно устраивать не из жилых помещений.
9. Воздухозаборы для печей и каминов следует устраивать не из подпольного пространства, а с улицы.
10. Простейшим способом **удаления радона из воды** в колодце является нагрев, аэрация воды в колодце³⁰ при обеспечении вентиляции колодца или комбинированная аэрация с ультразвуковой обработкой, о которой можно прочитать в отдельной статье по адресу: <http://dom.dacha-dom.ru/cleanwater.html> Ультразвуковая обработка жидкостей позволяет почти полностью избавиться от растворенных в них газов. Аэрация удаляет от 70% до 80% растворенного в воде радона. Для воды из глубоких скважин может быть использована промежуточная подземная или поверхностная накопительная емкость для аэрации или аэрации с ультразвуковой дегазацией воды. Для снижения поступления радона в помещения из воды рекомендуется снизить давление подаваемой в дом воды, планировочно отделить помещения с водой от жилой части здания и обеспечить хорошую вытяжную вентиляцию во “влажных” помещениях. Удаления изотопов полония из воды можно достичь при использовании ионообменных фильтров.³¹

³⁰ Schmitz J., Nickels R. M. Exposure to Radon / Radon Decay Products in Waterworks // Radon in the Living Environment, 19-23 April 1999, Athens, Greece.

³¹ TENAWA (Treatment Techniques for Removing Natural Radionuclides from Drinking Water) Report STUK-A169, Helsinki-2000. -101p.

III. Упрощенный расчет монолитного малозаглубленного ленточного фундамента для стандартных случаев

Глубина заложения ленточного фундамента

Определяя глубину заложения ленточного фундамента, следует иметь в виду следующие принципиальные факторы: Фундамент должен опираться на грунт с достаточной несущей способностью. На глинистых грунтах фундамент должен прорезать слои, где возможны сезонные движения грунта из-за сезонного промерзания или изменения режима влажности (влияние растительного покрова, кустарника, деревьев). Фундамент должен опираться на грунты, несущая способность которых не меняется при водонасыщении. Также нужно принимать во внимание, что увеличением глубины заложения фундамента, основание (грунт на который опирается фундамент) способно нести большие нагрузки.

При назначении глубины залегания фундаментов необходимо учитывать:³²

- Назначения и конструктивные особенности проектируемого сооружения, нагрузки и воздействия на его фундамент.
- Глубины заложения фундаментов примыкающих сооружений, а также глубины прокладки инженерных коммуникаций.
- Существующий и проектируемый рельеф участка.
- Инженерно-геологические условия площадки строительства (физико-механических свойств грунтов, характера напластований, наличия слоев, склонных к скольжению, карманов выветривания, карстовых полостей и пр.).
- Гидрогеологические условия площадки и их возможные изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения.
- Возможность размыва грунта у фундамента у сооружений рядом с водоемами, разливающимися при паводке.
- Глубину сезонного промерзания грунтов.
- Экономического обоснования выбора оптимальной глубины заложения фундамента.

Выбор рациональной глубины заложения фундаментов в зависимости от учета указанных выше условий рекомендуется выполнять на основе технико-экономического сравнения различных вариантов. При требуемой большой глубине заложения ленточного фундамента возможно дешевле будет применить фундамент другого типа: свайный, свайно-ростверковый или поверхностный фундамент из монолитной железобетонной плиты. Максимальная экономически оправданная глубина заложения ленточного фундамента по английским рекомендациям – **2,5 метра**.

Минимальная глубина заложения мелкозаглубленного ленточного фундамента определяется глубиной промерзания грунта, степенью пучинистости грунта и высотой грунтовых вод. Чем больше в грунте воды и чем ближе она к поверхности (уровню планировки), чем больше глубина промерзания грунта, тем сильнее будут силы пучения, воздействующие на малозаглубленный фундамент снизу, по касательной и сбоку. Эти силы будут выталкивать малозаглубленный фундамент к поверхности, и будут сдавливать фундамент. Чтобы снизить степень воздействия этих сил, ленточный фундамент придется заглублять. Кроме заглубления на силы морозного пучения можно влиять утеплением грунта, полной или частичной заменой грунта, его уплотнением, водоотведением и дренированием.

³² По пункту 5.5.1 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

Заложение ленточного фундамента на глубину менее глубины сезонного промерзания грунтов возможно при проведении "специальных теплотехнических мероприятия, исключющие промерзание грунтов" [пункт 2.29 СНиП 2.02.01-83, пункт 12.2.5 СП 50-101-2004, пункт 5.5.5 СП 22.13330.2011]. В территориальных строительных нормах ТСН МФ-97 Московской области указывается, что при проектировании и устройстве мелкозаглубленных фундамента малоэтажных зданий рекомендуется "применение утеплителей, укладываемых под отмостку" с обязательной защитой их гидроизоляцией. Также отступать от заложения фундамента ниже глубины сезонного промерзания грунтов возможно при условии, что специальными исследованиями грунтов на площадке строительства установлено, что они не имеют пучинистых свойств или величина их деформации при промерзании и оттаивании не нарушают эксплуатационную надежность сооружения [пункт 5.5.5 СП 22.13330.2011].

По строительным нормам Великобритании минимальная глубина заложения мелкозаглубленного ленточного фундамента на всех типах грунтов (кроме скального и глинистого) равняется **45 см** [BR 2010, A1/2, 2E4]. На скальном грунте, при физической невозможности заглубления, ленточный фундамент может быть устроен прямо на поверхности без заглубления. Минимальная глубина закладки мелкозаглубленного ленточного фундамента на глинистых (и других пучинистых) грунтах по британским нормам составляет **75 см** (оптимальная глубина заложения **90-100 см**).

Таблица №15. Рекомендуемые минимальные глубины заложения ленточных фундамента (Великобритания).

Грунт	Глубина заложения фундамента	Примечание
Скальный, каменистый грунт	45 см или менее	При невозможности заглубления фундамент может устраиваться по поверхности земли.
Глина	75 -100 см	Глубина заложения фундамента может быть увеличена при наличии близко растущих деревьев.
Пески, супеси, суглинки	45-90 см	

В пункте 1809.4 Международного строительного кода (IBC-2009) указано, что в общих случаях минимальная глубина заложения малозаглубленных фундамента составляет **305 мм (12 дюймов)**. Пункт 1809.5 определяет, что на промерзающих в зимнее время грунтах фундамент должен быть защищен от последствий воздействия морозов на грунт одним из следующих способов:

1. Фундамент должен быть заложен ниже глубины промерзания грунта в данной местности.
2. Утепление фундамента и грунта в соответствии с требованиями ASCE 32-01 (Проектирование и строительство защищенных от воздействия морозов малозаглубленных фундамента).
3. Фундамент опирается монолитную скалу.

Как видно, утепление грунта и фундамента позволяет отступить от требуемого заглубления фундамента ниже глубины промерзания. Также в Международном строительном коде приводятся исключения для категорий отдельностоящих зданий, которые не требуют защиты фундамента от промерзания грунта заглублением или утеплением:

1. Здания с режимом пребывания людей категории I (пункт 1604.5 IBC-2009), то есть здания с небольшим риском для людей при разрушении конструкций: сельскохозяйственные постройки, временные строения и небольшие хранилища.

2. Каркасные здания площадью менее **56 м²** или другие типы зданий отличные от каркасных площадью менее **37 м²** и при этом
3. Здания с высотой карниза (свеса кровли) менее **3048 мм**.

Таблица №16. Рекомендуемые минимальные глубины заложения ленточных фундаментов.*

Расчетная глубина промерзания условно непучинистого грунта	Расчетная глубина промерзания слабо пучинистого грунта твердой и полутвердой консистенции	Глубина заложения фундамента
до 2 метров	до 1 метра	0,5 м
до 3 метров	до 1,5 метров	0,75 м
Более 3 метров	от 1,5 до 2,5 м	1 м
	от 2,5 до 3,5 м	1,5 м

* Таблица адаптирована на основании таблицы 6 главы СНиП II-Б.1-62 «Основания зданий и сооружений» (отменен).

В «Рекомендациях по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах» (Москва, 1972) указывается, что наиболее рациональным решением при проектировании фундаментов будет заложение ленточных фундаментов на глубину **0,5-0,6 м** от планировочной отметки. При этом должны быть предусмотрены следующие инженерно-мелиоративные и строительно-конструктивные мероприятия, направленные на снижение потенциала пучинистости подлежащих грунтов:

1. Под ленточным фундаментом должна быть устроена песчаная подушка минимальной толщиной **20 см** и максимальной – до **трех размеров ширины** фундамента.
2. Рядом с фундаментом в траншее ниже песчаной подушки устроить систему дренажа с отводом воды в нижележащие песчаные слои или вниз по рельефу. Толщина засыпки пазух между фундаментом и грунтом должна составить не менее **20 см**.
3. Вокруг здания на ширину **2-3 м** по поверхности уложить **10-15 см** почвенный слой с уклоном от здания и посеять многолетние дернообразующие травы. При невозможности задернения поверхности грунта вокруг здания, следует сделать отмостку шириной до **1 м**.

В некоторых отечественных нормативных документах определено ограничение использование технологии малозаглубленного ленточного фундамента в климатических зонах с глубиной промерзания грунта свыше **1,7 метра**. Также, в случае чрезмерной мягкости, возможной подвижности (пески, супеси, водонасыщенные грунты) и малой несущей способности поверхностных слоев почвы, глубина заложения мелкозаглубленного ленточного фундамента может быть увеличена до глубин достижения грунтов с хорошими несущими способностями и стабильными характеристиками.

Глубину заложения мелкозаглубленного ленточного фундамента допускается назначать независимо от расчетной глубины промерзания, если фундамент опираются на монолитную скалу или на пески с подтвержденным отсутствием пучинистости. Другой возможностью отступить от привязки глубины заложения ленточного фундамента к глубине промерзания грунта являются "специальные теплотехнические мероприятия, исключающие промерзание грунтов" [Пункт 2.29 СНиП 2.02.01-83]. То есть речь идет о горизонтальном утеплении грунта и вертикальном утеплении мелкозаглубленного ленточного фундамента в совокупности с постоянным поддержанием положительной температуры в доме. По нормам IBC/IRC-2012 R403.3, глубина фундамента может не достигать глубины промерзания, если грунт и фундамент утеплены, и в здании круглогодично поддерживается температура не менее **18 °C**. Наличие высоко стоящих грунтовых вод может внести свои коррективы в глубину заложения ленточного

фундамента. При высоком уровне грунтовых вод вполне возможно, что мелкозаглубленный ленточный фундамент придется превращать в глубоко заглубленный ленточный фундамент. Для ориентира следует руководствоваться требованиями п. 2.30 СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений»:

Таблица №17. Глубина заложения фундаментов зданий с холодными подвалами и техническими подпольями (имеющими отрицательную температуру в зимний период) в зависимости от глубины расположения уровня подземных вод и глубины сезонного промерзания.*

Грунты под подошвой фундамента, залегающие на глубину не менее нормативной глубины промерзания	Глубина заложения фундаментов в зависимости от глубины расположения уровня подземных вод и глубины сезонного промерзания	
	Уровень глубины подземных вод выше уровня глубины промерзания грунта + 2 метра	Уровень глубины подземных вод ниже уровня глубины промерзания + 2 метра
Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности	не зависит от глубины промерзания грунта	не зависит от глубины промерзания грунта
Пески мелкие и пылеватые	не менее глубины промерзания грунта	не зависит от глубины промерзания грунта
Супеси	не менее глубины промерзания грунта	не зависит от глубины промерзания грунта
Суглинки, глины, а также крупно-обломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем	не менее глубины промерзания грунта	Не менее ½ глубины промерзания грунта

* Таблица адаптирована на основании таблицы №2 п. 2.30 СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений», таблицы 5.3 СП 22.13330.2011.

Минимальные расстояния от границы промерзания грунта до уровня подземных вод, при котором грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение промерзающего грунта можно определить по следующей таблице:

Таблица №18. Минимальные расстояния от границы промерзания грунта до уровня подземных вод *

Наименование грунта	Значение минимального расстояния до уровня подземных вод, м
Глина с монтмориллонитовой и иллитовой основой	3,5
Глины с каолиновой основой	2,5
Суглинки пылеватые	2,5
Суглинки	2,0
Супеси пылеватые	1,5
Супеси	1,0-1,3
Пески пылеватые	1,0
Пески мелкие	0,8

* Таблица адаптирована с упрощениями на основании таблицы №3 ВСН 29-85 «Проектирование мелкозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах».

Если грунт на вашем участке пучинистый и грунтовые воды стоят высоко, то целесообразно подумать о применении другого типа фундамента: свайного или свайно-ростверкового (свайный фундамент с несущими балками). Такой фундамент не боится ни морозного пучения, ни высокого грунтовых вод.

Стоп-халтура! Под свайным фундаментом понимаются бетонные сваи на опорных площадках, сваи ТИСЭ, буровые сваи, или винтовые сваи большого диаметра промышленного производства из толстостенной оцинкованной или нержавеющей стальной трубы. Для жилых зданий предлагаются винтовые сваи с несколькими уровнями лопастей для увеличения несущей способности и предупреждения просадки свай. Такие сваи могут быть установлены только механизированным способом. Ствол сваи должен быть изготовлен из бесшовной горячекатанной стали с толщиной стенки ствола винтовой сваи 10-14 мм. [Метелюк Н. С. Сваи и свайные фундаменты. Справочное пособие.- Киев.: Будивельник, 1977. -С. 29]. По американским строительным стандартам толщина лопасти винтовой сваи должна быть из стали толщиной от 9,5 мм до 12,5 мм [Таблица №3 ICC AC358 Acceptance Criteria For Helical Foundation Systems and Devices].

Фото: Технические требования к конструкции стальной винтовой сваи согласно ICC AC358



Этот же стандарт предусматривает следующие ограничения по использованию фундаментов из винтовых свай: Пункт 1.2.1 ICC AC358 ограничивает использование винтовых свай классами сейсмостойчивости конструкций А, В и С. В пункте 1.2.2 ICC AC358 говорится, что винтовые сваи не рекомендуется использовать:

- в грунтах с удельной электропроводностью меньше 1000 Ом-см (из-за высокой скорости электрохимической коррозии стали),
- в грунтах с pH менее 5,5 (по тем же причинам),
- в грунтах с высоким содержанием органических компонентов (по тем же причинам),
- в грунтах с сульфатацией более 1000 ppm (по тем же причинам),
- на полигонах (в грунтах с отходами, мусором),
- на грунтах, содержащих шахтные отвалы,
- на грунтах, не обеспечивающих боковой поддержки свай.

Толщина стенки ствола винтовой сваи и ее диаметр назначается по расчету, исходя из осевых и латеральных (боковых) нагрузок и химической (коррозионной) агрессивности грунтов. При использовании винтовых свай в агрессивных грунтах с высокой удельной электропроводностью, Институтом инженерии винтовых свай [IHPEng] рекомендуются³³ следующие меры для защиты винтовых свай от коррозии, применяемые в Великобритании:

Удельная электропроводность грунта, Ом.см	Антикоррозионные меры
> 10,000	Минимальная толщина стенки ствола винтовой сваи 8 мм
5,000 - 10,000	Минимальная толщина стенки ствола винтовой сваи 8 мм в сочетании с горячей оцинковкой верхних 2 м ствола винтовой сваи
1,000 - 5,000	Минимальная толщина стенки ствола винтовой сваи 9,5 мм в сочетании с горячей оцинковкой верхних 2 м ствола винтовой сваи
500 - 1,000	Минимальная толщина стенки ствола винтовой сваи 9,5 мм в сочетании с горячей оцинковкой верхних 2 м ствола винтовой сваи + использование приваренного к свае 20 кг цинкового анода
Менее 500	Использовать винтовые сваи не рекомендуется , так как срок их службы не превысит 20 лет

Исходя из представленных данных, **если коррозионная агрессивность грунтов на вашем участке неизвестна, то рекомендуется использовать сваи со стволом горячей оцинковки и толщиной стенок ствола сваи не менее 8-9,5 мм.**

Распространенные в России тонкостенные (толщина стенки трубы 3,5 - 4 мм) винтовые сваи, устанавливаемые без предварительного исследования коррозионной агрессивности грунтов, изготавливаемые из бывшей в употреблении трубы, диаметром ствола 10 см, с кустарно приваренными лопастями из тонкой стали, закручиваемые в землю ручным способом, подойдут только для неответственных сооружений типа времянок, небольших садовых домиков, беседок, грядок, дек, настилов, сараев, туалетов и заборов.

Высота ленточного фундамента

Максимальная высота надземной части монолитного ленточного фундамента при внутреннем заполнении ограниченного лентой пространства грунтом (песком) должна быть равна четырем размерам ширины ленточного фундамента. (*Высота фундамента над землей = 4 x ширина фундамента*)

³³ K. G. Davies. Dealing with Corrosion: Helical Piling. IHPEng: September 2010: http://www.helicalpileworld.com/Dealing_with_Corrosion_-_Kevin_Davies.pdf

Таблица №19 Рекомендуемые размеры прямоугольных поперечных сечений ленты фундамента (балок).*

Ширина сечения, мм	Высота сечения, мм								
	300	400	500	600	700	800	1000	1200	Далее кратно 300
150	+	+							
200		+	+	+					
300				+	+	+			
400							+	+	+
500								+	+
Далее кратно 100									+

*Таблица приведена по данным таблицы 3.2 из пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий», Москва, 2007.

Например, общая высота подземной и надземной части ленточного фундамента шириной **40 см** должна иметь оптимальную высоту от **80 см** до **120 см**.

По английским рекомендациям, надземная часть монолитного мелкозаглубленного ленточного фундамента не может быть больше его подземной части, но может быть сколь угодно меньше подземной части фундамента. Самым распространенным вариантом является глубина заложения монолитного мелкозаглубленного ленточного фундамента и его высота над землей равные **50 см**, то есть суммарной высотой ленты в **1 метр** (если позволяют условия подлежащих грунтов). Если же вам нужен надземный цоколь высотой **80 см**, то и подземную часть ленточного фундамента рекомендуется устраивать глубиной не менее **80 см**. Эти английские рекомендации (как и многие другие) не подтверждаются требованиями российских строительных нормативов, но могут оказаться полезными при конструировании надежных ленточных фундаментах.

Длина здания на ленточном фундаменте

Протяженные здания следует разрезать по всей высоте на отдельные отсеки, длина которых принимается: для слабопучинистых грунтов до **30 м**, среднепучинистых - до **25 м** и, сильнопучинистых - до **20 м**, чрезмерно пучинистых - до **15 м**. [ВСН 29-85].

Ширина ленточного фундамента

Минимальная, конструкционно ограниченная, ширина ленты фундамента составляет **15 см**, и не менее ширины выступающего из под ленты плеча бетонной подушки [BR 2010 A1/2, пункт 2E2-с], а для ленточных фундаментах для дачных домов минимальная ширина составляет не менее **25 см - 30 см**. Ширина ленточного мелкозаглубленного фундамента не может быть меньше ширины опираемой на нее стены. Минимальная ширина ленточного фундамента для легких садовых построек (беседки, сараи, навесы, небольшие бани) должна быть не менее минимально допустимой ширины железобетонной балки, то есть **15 см**. В пункте 1809.4 Международного строительного кода (IBC-2009) указано, что в общих случаях минимальная ширина ленточного фундамента должна составлять **305 мм (12 дюймов)**.

Кроме минимальных конструкционных ограничений есть еще и требования задаваемые **несущими способностями подлежащих под фундаментами грунтов**. Удельная нагрузка от здания на единицу площади не должна превышать **70%** от несущей способности грунта. Регулировать величину нагрузки

можно с помощью площади опоры фундамента на грунт. Чем больше площадь опоры - тем меньше удельная нагрузка, передаваемая на грунт.

Для одноквартирных (индивидуальных) каркасных жилых домов, которые составляют довольно большую долю всех дачных построек, существуют отдельно прописанные нормы глубины заложения фундаментов в Своде Правил СП 31-105-2002 «Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом». Они применимы при одновременном выполнении следующих условий:

- пролет балок перекрытия, опирающихся на фундаменты (стены подвалов), не превышает **4,9 м**;
- расчетные равномерно распределенные нагрузки на перекрытия не превышают **244 кгс/м²**;
- расчетное сопротивление грунтов составляет не менее **0,75 кгс/см²**.

Таблица №20. Минимальная ширина ленточного фундамента для индивидуального каркасного дома.*

Количество перекрытий (этажей)	Минимальная ширина ленточного фундамента, мм			Минимальная площадь подошвы фундамента под колонны при шаге 3 м, м ²
	под наружные стены	под наружные стены, обложенные кирпичом	под внутренние стены	
1	250	315	200	0,4
2	350	380	350	0,75
3	450	445	500	1,0
Значения при очень высоком уровне грунтовых вод (глубины менее ширины фундамента)				
Количество перекрытий (этажей)	Минимальная ширина ленточного фундамента, мм			Минимальная площадь подошвы фундамента под колонны при шаге 3 м, м ²
	под наружные стены	под наружные стены, обложенные кирпичом	под внутренние стены	
1	500	630	400	0,8
2	700	760	700	1,5
3	900	890	1000	2,0
Примечание: Площадь подошвы фундаментов под колонны, расположенные с шагом, отличающимся от приведенного в таблице, должна приниматься пропорционально уменьшению или увеличению				

* Таблица адаптирована с упрощением из Таблицы 5-1 Свода Правил СП 31-105-2002 «Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом»

Методика ориентировочного расчета минимальной достаточной ширины мелкозаглубленного ленточного фундамента.

Данная методика определения минимальной достаточной ширины мелкозаглубленного ленточного фундамента основана на представлении о том, что величина удельной нагрузки на единицу площади

подлежащего под фундаментом грунта должна быть меньше несущей способности (расчетного сопротивления основания) подлежащего под фундаментом грунта. **Разница между нагрузкой от дома и несущей способностью грунта должна быть как минимум на 30% больше** в пользу несущей способности грунтов (*коэффициент запаса прочности для бетонных конструкций, отливаемых на стройплощадке*).

Для определения выяснения минимальной достаточной ширины малозаглубленного ленточного фундамента, исходя из несущей способности подлежащих грунтов, необходимо решить уравнение:

$$\begin{aligned}
 & \text{Мертвый вес здания} \\
 & + \text{Полезный вес мебели и оборудования} \\
 & + \text{Снеговая нагрузка} \\
 & + \text{Ветровая нагрузка}
 \end{aligned}
 \times 1,3 =
 \begin{aligned}
 & \text{Ширина фундамента} \\
 & \times \text{Длина фундамента} \\
 & \times \text{Расчетное сопротивление грунта}
 \end{aligned}$$

Из этого уравнения мы можем посчитать суммарную нагрузку от здания, взять пробы грунта и выяснить их расчетное сопротивление и отсюда вычислить требуемую площадь основания фундамента.

Мертвый вес здания - это сумма весов всех строительных элементов конструкции дома. Чтобы рассчитать их нужно воспользоваться нижеприведенными справочными таблицами.

Таблица №21. Нагрузка от 1 квадратного метра стены зданий

Материал стен	кгс/м ²
Деревянные каркасно-панельные, толщиной 150 мм с минераловатным утеплителем	30-50
Из блоков ячеистого бетона плотностью 500-600 кг/м ³ сплошной кладки, толщиной, мм: 200, 250, 300, 350	100-120 125-150 150-180 175-210
Из опилкобетона, толщиной 350 мм	300-400
Из керамзитобетона, толщиной 350 мм	400-500
Из шлакобетона, толщиной 400 мм	500-600
Из эффективного кирпича, толщиной, мм: 380, 510, 640	500-600 650-750 800—900
Из полнотелого кирпича сплошной кладки, толщиной, мм: 250, 380, 510	450-500 700-750 900- 1000

Вес окон и дверей при расчете не учитывается, а площадь стен считается без учета дверных, оконных и иных проемов.

Допустим, у нас одноэтажный газобетонный дом размером **10 м** на **10 м**, с площадью стен первого этажа и площадью фронтонов **140 м²**. По таблице № 9 один квадратный метр стены из газобетона плотностью **600 кг/м³** с толщиной стен **30 см** даст нагрузку в **180 кгс/м²**.
 Все стены дадут нагрузку на основание **180 кгс/м² x 140 м² = 25200 кгс**.

К нагрузке от стен дома на основание добавляем нагрузку от конструкций перекрытий. Определяем нагрузку от перекрытий по следующей таблице:

Таблица №22. Нагрузка от 1 м² перекрытий пролетом до 4, 5 м

Тип перекрытия	кгс/м ²
Чердачное по деревянным балкам, плотностью, кг/м ³ , не более:	
200	70-100
300	100-150
500	150-200
Цокольное по деревянным балкам, плотностью, кг/м ³ , не более:	
200	100-150
300	150-200
500	200-300
Цокольное железобетонное	300-500

При площади дома в 100 м² и одном этаже мы имеем цокольное железобетонное перекрытие весом 100 м² x 400 кг = 40000 кг и чердачное перекрытие весом 100 м² x 150 кг = 15000 кг.

Суммарный вес перекрытий дома 55000 кг

Чтобы вычислить нагрузку от кровли нам нужно сложить вес собственно стропильной системы с весом кровельного материала и прибавить нормативную снеговую нагрузку. Вес стропильной системы вычисляется из объема пиломатериалов и их удельного веса (500-550 кг/м³). Вес пиломатериалов можно вычислить из таблиц:

Таблица №23. Таблица количества бруса в кубическом метре пиломатериалов

Размер бруса (мм)	количество бруса при длине 6 м в кубометре пиломатериалов	объем одного бруса длиной 6 м (м ³)
100 x 100	16,6	0,06
100 x 150	11,1	0,09
100 x 200	8,3	0,12
150 x 150	7,4	0,135
150 x 200	5,5	0,18
150 x 300	3,7	0,27
200 x 200	4,1	0,24

Таблица №24. Таблица количества досок в кубическом метре пиломатериалов

размер доски (мм)	количество досок при длине 6 м в кубометре пиломатериалов	объем одной доски длиной 6 м (м ³)
25 x 100	66,6	0,015
25 x 150	44,4	0,022
25 x 200	33,3	0,03
40 x 100	41,6	0,024
40 x 150	27,7	0,036
40 x 200	20,8	0,048
50 x 50	66,6	0,015
50 x 100	33,3	0,03
50 x 150	22,2	0,045
50 x 200	16,6	0,06
50 x 250	13,3	0,075

Наш дом имеет кровлю площадью **150 м²**. Угол наклона кровли более **30 градусов**. Площадь проекции крыши на основание **120 м²**.

Допустим, на стропильную систему дома по системе наслонные стропила планируется **32** доски сечением **200 мм x 50 мм** и **10** брусков сечением **150 мм на 100 мм**. **10** брусков по таблице № 10 имеют объем **10 x 0,09 м³ = 0,9 м³**. **32** доски по таблице №11 имеют объем **32 x 0,06 м³ = 1,92 м³**

Суммарный объем древесины стропильной системы **0,9 м³ + 1,92 м³ = 2,82 м³** Ориентировочный вес пиломатериалов равен **550 кг /м³ x 2,82 м³ = 1551 кг**. На обрешетку пойдет **44** доски **2,5 мм x 150 мм**, что составляет **1 м³** и весит еще **550 кг**. Общий суммарный вес стропильной системы = **2101 кг**

К весу стропильной системы прибавляем вес кровельного покрытия

Таблица №25. Таблица значений веса кровельных покрытий

Вид кровельного материала	Вес 1 м ² (кг)
Рулонная битумно-полимерная кровля	4-8
Битумно-полимерная мягкая черепица	7-8
Ондулин	3-4
Металлочерепица	4-6
Профлист, Оцинкованная сталь, Фальцевая кровля	4-6
Цементно-песчаная черепица	40-50
Керамическая черепица	35-40
Шифер	10-14
Сланцевая кровля	40-50
Медь	8
Зеленая кровля	80-150

Мы покрываем крышу металлочерепицей: Площадь кровли 150 м^2 при весе 6 кг/м^2 дает вес 900 кг .

Также на утепление кровли у нас уйдет около 120 м^2 базальтовой ваты Роквул толщиной 20 см , что оставит 24 м^3 базальтовой ваты плотностью 35 кг/м^3 , которые весят 840 кг .

Можно считать сразу и суммарную нагрузку от кровельной конструкции с учетом веса стропильной системы и кровельного материала по таблице

Таблица №26. Нагрузка от 1 м^2 горизонтальной проекции кровли

Тип кровли	кгс/м ²
Покрытие рубероидом в 2 слоя	30-50
Керамическая черепица при уклоне 45°	60-80
Кровельная сталь при уклоне 27°	20-30
Асбестоцементные листы при уклоне 30°	40-50

Нормативная снеговая нагрузка отличается для разных климатических районов. Районы по различной снеговой нагрузке категорий от I до VIII указаны в картах «Изменений, внесенных в СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия». Мы приводим таблицу с выборочным указанием населенных пунктов и значениями расчетной снеговой нагрузки с запасом прочности с коэффициентом $1,4$.

Таблица №27. Таблица значений расчетной снеговой нагрузки на проекцию кровли с запасом прочности с коэффициентом $1,4$

Климатический район строительства	Города	Расчетная снеговая нагрузка (кг/м ²)
I	Астрахань, Улан-Удэ	80
II	Майкоп, Нальчик, Хабаровск, Владивосток, Якутск, Мирный, Иркутск	120
III	Москва, Владимир Великий Новгород, Красноярск, Сызрань	180
IV	Санкт Петербург, Хатанга, Кемерово, Нижний Новгород	240
V	Пермь, Уфа, Анадырь, Сургут, Нижневартовск, Петрозаводск, Мурманск, Магадан	320
VI	Усинск, Красновишерск, Кизел	400
VII	Петропавловск-Камчатский	480
VIII	Апатиты, Норильск,	560

Снежегорск, Кропоткин, Чара,
Байкальск, Горно-Алтайск,
Теберда

Наш дом находится в Санкт-Петербурге (IV климатический район) и нормативная снеговая нагрузка составляет 240 кг/м^2 . На весь дом в пересчете на горизонтальную проекцию крыши 120 м^2 расчетная снеговая нагрузка составит $28\,800 \text{ кг}$.

Ветровая нагрузка по СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" пункт 10.14 при расчете крена фундаментов принимается как 30% от расчетной ветровой нагрузки.

Таблица 28. Расчетные ветровые нагрузки, действующие на профилированные настилы кровли, стен зданий и сооружений высотой до 10 м в соответствии со СНиП 2.01.07-85

Зона ветрового давления	Города	Расчетная ветровая нагрузка (кг/м^2)
Ia	Старая Русса, Коноша, Шарья, Мирный, Витим, Кропоткин	24
I	Москва, Кандалакша, Киров, Тула, Рязань, Улан-Удэ, Нижневартовск, Нижний Тагил, Тюмень, Казань, Пермь, Челябинск	32
II	Санкт Петербург, Иркутск, Жиганск, Хабаровск, Уфа, Астрахань	42
III	Оренбург, Сызрань, Кизляр, Кемерово, Абакан, Амурск, Хатанга	53
IV	Норильск, Усинск, Нарьян-Мар	67
V	Мурманск, Салехард	84
VI	Воркута, Амдерма	100
VII	Петропавловск-Камчатский	120
VII	Анадырь	>120

На практике ветровую нагрузку на фундамент ориентировочно рассчитывают по эмпирической формуле:
Ветровая нагрузка = площадь здания X ($40 + 15 \times$ высота дома)

Считаем ветровую нагрузку на фундамент нашего дома площадью 100 м^2 и высотой 7 метров :

$$100 \times (40 + 15 \times 7) = 14500 \text{ кг}$$

Полезная нагрузка – это нагрузка, рассчитываемая от всего, что наполняет дом и не является частью строительных конструкций.

Таблица №29. Расчетные полезные нагрузки, действующие на перекрытия в соответствии со СНиП 2.01.07-85

Здания и помещения	Расчетное значение нагрузки (кг/м ²)
Квартиры жилых зданий, детские дошкольные учреждения, дома отдыха, общежития, гостиницы и т.п.	195
Административные здания, учреждения, научные организации, классные помещения, бытовые помещения промышленных предприятий и общественных зданий	240
Кабинеты и лаборатории научных, лечебных и образовательных учреждений	240
Залы:	
читальные	240
кафе, ресторанов, столовых	360
собраний, совещаний, зрительные, концертные, спортивные	480
Чердачные помещения	91
Перекрытия на участках с возможным скоплением людей	480

Полезная нагрузка от мебели и оборудования жилого дома принимается **195кг/м²**. В нашем доме площадью **100 м²** это **19500 кг**.

Подводим промежуточные итоги:

Вес стен дома = **25200 кг**

Вес бетонного цокольного и сборного деревянного чердачного перекрытия = **55000 кг**

Вес стропильной системы и кровли с утеплением = **3841 кг**

Расчетная снеговая нагрузка = **28800 кг**

Расчетная ветровая нагрузка = **14500 кг**

Полезная нагрузка = **19500 кг**

Итого общая расчетная нагрузка от здания: **146841 кг**

Умножаем на коэффициент запаса прочности **1,3** x **146841 кг** = **190893 кг**.

Таким образом, фундамент должен передать на грунт нагрузку 191 тонну, а грунт должен иметь достаточную несущую способность (расчетное сопротивление) чтобы эту нагрузку выдержать на определенной площади приложения нагрузки. То есть, должно быть выполнено основное условие для

надежной работы фундамента: **величина удельного давления дома на подошвенный грунт должна быть меньше расчетного сопротивления грунта.**

Нам предстоит вычислить эту площадь с учетом геометрии фундамента и характеристик грунтов. Узнав суммарную нагрузку на подлежащий ленточному малозаглубленному фундаменту грунт, мы можем соотнести ее с площадью опоры фундамента и несущей способностью грунта.

$$\text{Ширина ленточного фундамента} = \frac{\text{Суммарная нагрузка} / \text{Длина фундамента}}{\text{Расчетное сопротивление грунта}}$$

Теперь необходимо узнать несущую способность грунта. Идеальным и самым правильным решением будет вызвать на участок эксперта и провести исследование подлежащих грунтов. При строительстве ленточного малозаглубленного фундамента под дачные дома из материалов критичных даже к малым деформациям основания в **2,5 -3,5 см** (каркасные и панельные конструкции, ячеистый бетон, кирпич, керамзитобетон) малые затраты на исследования подлежащих грунтов смогут предупредить гораздо большие потери. Хотя и дома из менее чувствительных к деформациям опоры стеновых материалов с предельно допустимыми деформациями основания в **5 см** (брус, бревно) при больших просадках грунта изменят свою геометрию. Такое изменение геометрии стен дома может привести к перекосу окон и дверей, к повреждению отделочных материалов и к возможному залому кирпичной печной трубы.

Чтобы не затягивать с примером расчета ширины ленточного фундамента мы примем, что несущая способность грунта на нашем участке известна нам в результате предварительно проведенного инженерно-геологического изыскания. Установленное значение несущей способности грунта (расчетного сопротивления грунта) мы подставим в уравнение и получим результат: минимальную допустимую ширину ленточного фундамента. После этого мы подробно рассмотрим несущие свойства грунтов, и ориентировочные способы определения видов грунтов на участке.

Расчет минимально допустимой ширины ленточного фундамента:

Дано:

1. Газобетонный дом размером в плане **10 м на 10 м**
2. Расчетная суммарная нагрузка от дома на грунт **191 000 кгс**
3. Общая длина фундамента по периметру дома с двумя внутренними лентами **56 м**
4. Несущая способность суглинка на участке **1 кг/см²**. (В расчетах лучше пользоваться минимальными значениями несущих способностей грунтов, если они достоверно не известны).

Решение:

1. Переводим длину фундамента в сантиметры: **56 метров = 5600 см**
2. Находим минимально достаточную ширину фундамента:

Суммарную нагрузку делим на длину фундамента и несущую способность грунта:

$191000 / 5600 / 1 = 34,1$ см Полученная минимальная достаточная ширина мелкозаглубленного ленточного фундамента составляет **34,1 (35) см**.

Как видно из расчетов, ширина фундамента может быть уменьшена при постройке более легкого дома (например, при отказе от ненужного тяжеловесного висячего бетонного перекрытия), при увеличении

длины фундамента (добавлении внутренних лент фундамента) или при строительстве на грунте с более высокими несущими характеристиками. Помните, что **фундамент не может быть уже, чем ширина стены.**

Несущая способность грунта

В примере расчета ширины ленточного фундамента мы взяли заранее известное значение несущей способности грунта, которое можно было получить при инженерно-геологическом исследовании грунта. В этой главе мы поговорим о грунтах и их несущих способностях чуть подробнее.

Грунт - это горные породы, почвы, органические или техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека. Грунты подразделяются на два класса: скальные - грунты с жесткими (кристаллизационными или цементационными) структурными связями и нескальные - грунты без жестких структурных связей. Скальные грунты в большинстве своем резко отличаются по своим свойствам от нескальных грунтов. Скальные грунты практически несжимаемы при нагрузках, которые имеют место в гражданских и промышленных зданиях и сооружениях.

Вкратце перечислим основные виды грунтов по ГОСТ 25100-95 «Грунты» с небольшими добавлениями из справочных материалов Министерства сельского хозяйства США (U.S. Department of Agriculture):

Таблица №30. Описание различных видов грунтов

Грунт	Описание
Скальный	Состоит из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа.
Полускальный	Состоит из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи цементационного типа.
Дисперсный	Состоит из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабосвязанных друг с другом; образуется в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или эоловым путем и их отложения. Поверхностный плодородный слой дисперсного грунта, образованный под влиянием биогенного и атмосферного факторов, называется почвой.
Глинистый	Связный пластичный минеральный грунт
Песок	Несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 %
Крупнообломочный	Несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50 %.
Сапрпель	Пресноводный ил, образовавшийся на дне застойных водоемов из продуктов распада растительных и животных организмов и содержащий более 10 % (по массе) органического вещества в виде гумуса и растительных остатков. Сапрпель имеет текучую консистенцию. Содержание частиц крупнее 0,25 мм обычно не превышает 5 % по массе.
Торф	Органический грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащий 50 % (по массе) и более органических веществ.
Грунт заторфованный	Песок и глинистый грунт, содержащий в своем составе в сухой навеске от 10 до 50% (по массе) торфа.

Размеры частиц основных компонентов дисперсионного грунта: песка, ила и глины сильно отличаются по размеру и текстуре. Чем больше размер частиц грунта, и чем грубее их поверхность, тем больше несущая способность грунтов. Подвижность частиц грунта за счет их малого размера и слабых сил трения (сцепления) снижают несущую способность грунта (сопротивление основания). Подвижность частиц зависит от твердости грунта, его насыщенностью водой, наличия и вида связующего - заполнителя. Наименования частиц грунта в зависимости от их крупности принимаются по следующей таблице:

Таблица №31. Размеры частиц грунта.*

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц, мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
валунный (при преобладании неокатанных частиц — глыбовый)	>200	>50
галечниковый (при неокатанных гранях — щебенистый)	>10	>50
гравийный (при неокатанных гранях — дресвяный)	>2	>50
Пески:		
гравелистый	>2	>25
крупный	>0,50	>50
средней крупности	>0,25	>50
мелкий	>0,10	>75
пылеватый	>0,10	<75
Глина	<0,002	
Ил органический	<0,01	
Ил неорганический	0,002 – 0,05	

* Таблица приведена по данным таблицы 5 пособия к СНиП 2.02.01-83.

При оценке характеристик грунта, кроме его несущей способности учитывают риски, связанные с потенциалом деформации основания здания. В этом отношении отмечают способность грунта набухать.

Набухающий грунт способен увеличиваться в объеме и деформироваться при замачивании жидкостью. Важная характеристика грунта – это способность к просадке.

Просадочный грунт способен под действием внешней нагрузки и собственного веса или только от собственного веса при замачивании водой или другой жидкостью претерпевать вертикальную деформацию (просадку).

Пучинистый грунт, о котором мы уже говорили в первой главе, способен увеличиваться в объеме и претерпевать относительную деформацию морозного пучения вследствие образования в своей структуре кристаллов льда.

Для определения ширины ленточного фундамента прежде всего необходимо знать **несущую способность грунта**, на который будет опираться посредством фундамента возводимое здание. Сравнение несущей способности различных грунтов приведено в таблицах ниже.

Несущая способность грунта зависит не только от размеров и текстуры частиц и зерен, составляющих дисперсный грунт, но и силы связей между частицами, насыщенности грунта водой и его плотности. Не вдаваясь во все технические детали, мы перечислим физические параметры, которые можно определить с известной мерой приближения самостоятельно при полевом исследовании грунта:

Плотность грунта определяют легкостью взятия образца грунта или возможностью погружения в грунт кола диаметром **5 см**, либо указательного пальца на мягких грунтах. **Очень плотный грунт** – это грунт для взятия образца которого понадобится лом. В **плотный грунт** можно вбить кол диаметром **5 см** не глубже чем на **15 см**. Для взятия образца грунта понадобится лопата. В **рыхлый грунт** кол диаметром **5 см** погружается легко. В **очень рыхлый грунт** можно погрузить палец как минимум на **2,5 см**. Образец грунта можно взять рукой.

Текучесть грунта при полевом исследовании ориентировочно можно определить так: если лопата в грунт входит легко, но потом грунт к ней прилипает намертво, то грунт текучий. Если лопата входит в грунт тяжело и, соответственно, грунт отлетает от лопаты хорошо, то грунт не текучий.

Сухость грунта определяется следующими пробами: в сухом состоянии комья грунта легко рассыпаются и крошатся от удара, куски непластичны, не лепятся в руке, комочки грунта раздавливаются без удара, почти не скатываются в шнур. Шар из грунта, скатанный в сыром состоянии, при легком давлении рассыпается.

Пористость грунта определяют путем вырезания кубика **10 на 10 см** и его взвешивания. Затем кубик измельчают и мерным стаканом определяют его объем без пор. Пористость вычисляется по формулам:

$$E = 1 - Y_0/Y; Y_0 = G/V_0; Y = G/V_1,$$

где **Y**, **Y₀** – объемный вес грунта в естественном и уплотненном состоянии, **G** – вес единицы объема грунта, **V₀**, **V₁** – объем грунта в естественном и уплотненном состоянии.

Таблица № 32 Ориентировочные значения расчетного сопротивления грунтов.*

Тип грунта	Расчетное сопротивление грунта	Тип грунта	Расчетное сопротивление грунта
Галечниковые грунты (щебенистые) с песчаным заполнителем	6 кгс/см ²	Супесь	2-3 кгс/см ² (зависит от пористости и текучести)
Галечниковые грунты (щебенистые) с пылевато-глинистым заполнителем	4-4,5 кгс/см ²	Суглинок	1,8-3 кгс/см ² (зависит от пористости и текучести)
Гравийные грунты с песчаным заполнителем	5 кгс/см ²	Глина плотная	4-6 кгс/см ² (зависит от текучести)
Гравийные грунты с пылевато-глинистым заполнителем	3,5-4 кгс/см ²	Глина средней плотности	3-5 кгс/см ² (зависит от текучести)
Крупнопесчаный грунт	5 кгс/см ² (средней плотности) 6 кгс/см ² (плотный)	Глина пластичная	2-3 кгс/см ² (зависит от текучести)
Среднекрупный песчаный грунт	4 кгс/см ² (средней плотности) 5 кгс/см ² (плотный)	Глина водонасыщенная	1-2 кгс/см ² (зависит от текучести)
Мелкопесчаный маловлажный грунт	3 кгс/см ² (средней плотности) 4 кгс/см ² (плотный)	Уплотненная насыпь или уплотненный отвал из крупного, среднего или мелкого песка, шлака	2-2,5 кгс/см ²
Мелкопесчаный влажный и водонасыщенный грунт	2 кгс/см ² (средней плотности) 3 кгс/см ² (плотный)	Уплотненная насыпь или уплотненный отвал из пылеватого грунта, супеси, суглинка, глины, золы	1,5-1,8 кгс/см ²
Пылеватый маловлажный грунт	2,5 кгс/см ² (средней плотности) 3 кгс/см ² (плотный)	Неуплотненный отвал из крупного, среднего или мелкого песка, шлака	1,5-1,8 кгс/см ²
Пылеватый влажный грунт	1,5 кгс/см ² (средней плотности) 2 кгс/см ² (плотный)	Неуплотненный отвал из пылеватого грунта, супеси, суглинка, глины, золы	1-1,2 кгс/см ²
Пылеватый водонасыщенный грунт	1 кгс/см ² (средней плотности) 1,5 кгс/см ² (плотный)	Свалка грунтов и промышленных отходов	0,8 -1,2 кгс/см ²

* Таблица адаптирована с упрощением из СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Приложение №3.

Исходя из сложности для неспециалиста определить важнейшие характеристики грунтов, в зарубежных нормативных документах предпочитают указывать минимальные значения несущей способности грунтов, чтобы заложить запас прочности на возможную ошибку.

Нам кажется весьма разумным такой подход. Действительно, чуть большие затраты на избыточную ширину ленточного фундамента станут незаметными в общей сумме расходов на строительство дома. Однако этот потенциальный небольшой перерасход бетона поможет значительно снизить вероятность проведения очень дорогостоящих работ по укреплению грунта и фундамента, если фундамент был рассчитан неправильно и в результате произойдет деформация основания здания.

Таблица №33. Сравнение оценки несущей способности грунтов в отечественных и зарубежных нормативных документах.

Тип грунта	Несущая способность грунта (расчетное сопротивление)	
	СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений. Приложение №3. Кгс/см ²	International residential code 2006 Table R401.4.1 Кгс/см ²
Скала	-	5,8
Каменистый грунт	-	2,9
Песчанистый галечник, гравий	3,5-6	2,4
Песок, илистый песок, глинистый песок, илистый галечник, глинистый галечник	1,5-6	1,4
Глина, песчанистая глина, илистая глина, глинистый ил	>1	0,97

Исследование грунта

Чтобы избежать возможной ошибки в расчетах, нужно провести инженерно-геологическое исследование подлежащих под будущий фундамент грунтов. Ни один инженер не возьмется проектировать фундамент здания, пока не узнает все о характеристиках грунта, на который будет опираться фундамент и геологических условиях местности. Пункт 1.4 СНиП 2.02.01-83 гласит: «Проектирование оснований без соответствующего инженерно-геологического обоснования или при его недостаточности не допускается».

Лучшее, что можно сделать для своего будущего дома - это заказать инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания своего участка или разыскать уже готовые результаты исследований, проводившихся при строительстве соседних зданий, дорог, газопроводов и т.п.

Результаты исследований, которые вы сможете получить, будут содержать сведения:

- о климатических и сейсмических условиях территории;
- об инженерно-геологическом строении и литологическом составе толщи грунтов и о факторах риска (пустоты в грунте, оползни, просадки и набухание грунтов, горные выработки);
- о гидрогеологических условиях с указанием высотных отметок появившихся и установившихся уровней подземных вод и амплитуды их колебаний;

- о наличии связей горизонтов вод между собой и ближайшими открытыми водоемами, а также сведения об агрессивности вод в отношении фундаментов;
- о грунтах будущей строительной площадки, в том числе последовательное описание залегающих слоев, их форма, размеры в плане и по глубине, возраст, происхождение и классификационные наименования, состав и состояние грунтов.

Для подлежащих под фундаментом слоев грунта будут приведены их важнейшие физико-механические характеристики:

- плотность, влажность, пористость, коэффициент фильтрации, пластичность и текучесть, размягчаемость;
- угол внутреннего трения, удельное сцепление и модуль деформации грунтов;
- величина начального давления и начальной критической влажности для просадочных грунтов;
- относительное набухание, давление набухания и линейная усадка для набухающих грунтов;
- содержание органического вещества для биогенных грунтов и степень разложения для торфов и много другой важной для принятия решений информации.

В отчете должен быть также прогноз изменения инженерных условий территории для строительства при возведении и эксплуатации зданий и сооружений. Наличие таких данных позволит выбирать наиболее рациональные типы и размеры фундаментов, глубину их заложения и другие важнейшие характеристики.

Если же вы сами приняли ответственное решение сэкономить на профессиональных инженерно-геологических исследованиях (или в вашем регионе не найти специалистов для его проведения), то вы можете провести лишь прикидочное ориентировочное исследование и оценку грунтов самостоятельно. При этом вы должны помнить о высокой вероятности ошибки в проводимой самостоятельно оценке грунтов.

Предварительную оценку участка под застройку можно произвести при визуальном осмотре. Об уровне грунтовых вод вам расскажет высота стояния воды в канавах и в колодцах. Осмотр фундаментов и стен ближайших зданий может подсказать о несущих свойствах грунтов, об их подверженности различного вида подвижкам. Однако все эти оценки будут весьма приблизительными. Вам необходимо узнать о грунтах именно под вашим будущим домом. Для этого придется немного поработать.

Чтобы провести исследование грунта вам понадобится садовый бур. Вам предстоит пробурить шурфы на глубину не менее нормативной глубины промерзания на месте, где вы предполагаете поместить свой дом. Если вы собираетесь строить двухэтажный дом или дом из тяжелых стеновых материалов, то бурить грунт лучше на глубину **3,5 - 4 метра**. Собственно, это почти предельная глубина, на которую можно самостоятельно пробурить шурф с помощью садового бура.

Если в вашем доме планируется устройство заглубленного под землю цокольного этажа, то самостоятельно выполнить бурение вам будет не под силу: если для одноэтажного дома придется буриться на глубину 4-5 метров, а для двухэтажного кирпичного дома уже на глубину 8-9 метров.

Таблица №34. Рекомендуемые глубины бурения выработок под малоэтажные индивидуальные дома без подвалов и заглубленных цокольных этажей.

Тип дома	Количество этажей	Сжимаемая толщина грунта, м	Рекомендуемая глубина бурения, м
Каркасный, из деревянных панелей	1	1,4	2,0
Брусовой, бревенчатый	1	1,8	2,5
Брусовой, бревенчатый	2	3,5	4,0
Из легких ячеистых бетонов, керамзитобетона с облицовкой фасада в полкирпича	1	2,6	3,0
Кирпичный	1	2,8	3,5

Сколько шурфов (выработок) бурить для взятия проб грунта? По нормам СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства» для исследования грунта под неотчетственные строения (одноквартирные дома до **10 м** высотой) может быть достаточно **1-2** шурфов (выработок) для контура будущего дома. Однако лучше не полениться и пробурить шурфы возле всех планируемых углов здания.

Почему не достаточно одного шурфа? Ленточный фундамент, если будет покоиться на разнородных грунтах с различной способностью к подъему уровня грунта при морозном пучении или водонасыщении, из-за неравномерных нагрузок от грунта может деформироваться выше предельно допустимых величин деформации за которыми последует разрушение строительных конструкций. Неоднородный грунт с прослойками органического грунта (торфа) в зоне сжимаемой под фундаментом толщи, может локально просесть. Результат будет тот же - трещины в фундаменте и стене.

Поэтому лучше перестраховаться и заложить **4** шурфа (по одному у каждого угла с наружной стороны здания). Не помешает еще и **5-й** шурф на перекрестье диагоналей. Кто знает, какие сюрпризы приготовит вам грунт? Для исследования грунтов до глубины промерзания грунта нужно брать образцы грунта с каждых **25-30 см** проходки шурфа, а ниже нормативной глубины промерзания грунта - по одному образцу каждые **50 см**.

Через **2-3 часа** после выработки шурфа в него нужно опустить деревянную рейку и по ней замерить возможную глубину залегания грунтовых вод.

Как самостоятельно оценить тип грунта в каждой пробе и несущую способность грунта? Лучше всего для проведения анализа физических, механических и химических характеристик грунта лучше всего обратиться к профессионалам с лицензией. Если же таковых в ваших краях нет или их услуги стоят для вас слишком дорого, можно воспользоваться несколькими методиками ориентировочной оценкой состава грунта и примерной оценкой его несущей способности.

Исследование состава грунта

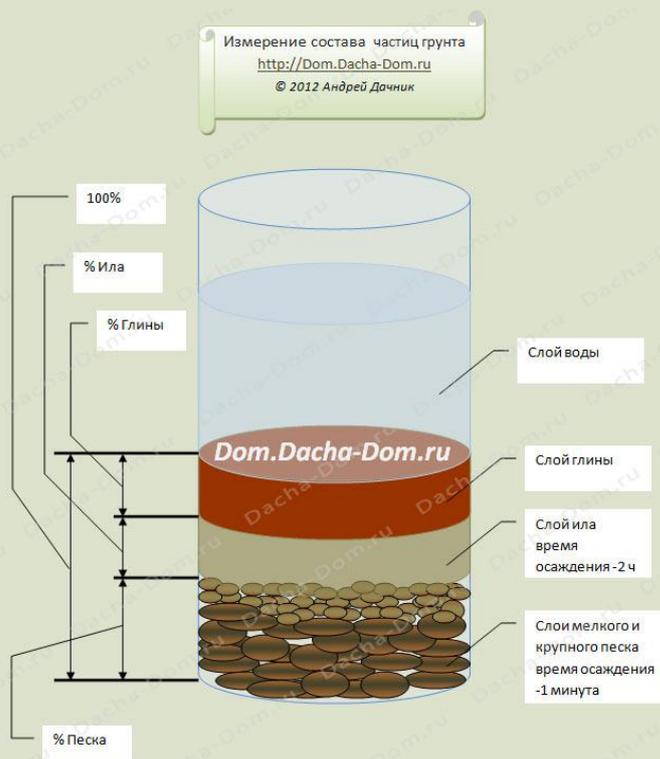
Это простое исследование можно провести с помощью листа бумаги, высокой стеклянной банки, воды, средства для мытья посуды, маркера и линейки.

Порядок проведения анализа количественного состава дисперсионного грунта:

1. Разложите образец грунта на бумаге и просушите его. Удалите из образца грунта камни, консервные банки и другой мусор, корни. Размельчите куски и комья грунта.

2. Опрыскайте образец грунта водой.
3. Возьмите высокую стеклянную банку и наполните ее на 1/4 грунтом из образца.
4. Залейте банку на 3/4 (с учетом грунта) водой.
5. Добавьте 1 чайную ложку средства для мытья посуды (не мыла и не шампуня!).
6. Плотнo закройте банку крышкой и поработайте немного как бармен с шейкером - потрясите банку в течение 10 минут. Это необходимо для разделения образца грунта на минеральные составляющие.
7. Поставьте банку туда, где ее никто не тронет в течение 2-3 дней.
8. Частицы грунта будут оседать в банке и распределяться в соответствии с размером. Через 1 минуту после постановки банки отметьте маркером уровень осевшего песка.
9. Через 2 часа отметьте на банке уровень осевшего ила.
10. Когда вода в банке станет прозрачной - отметьте уровень слоя глины. Обычно этот процесс занимает до 3 дней, но если вода продолжает оставаться мутной в течение этого периода, - оставьте пробу грунта отстаиваться на неделю.

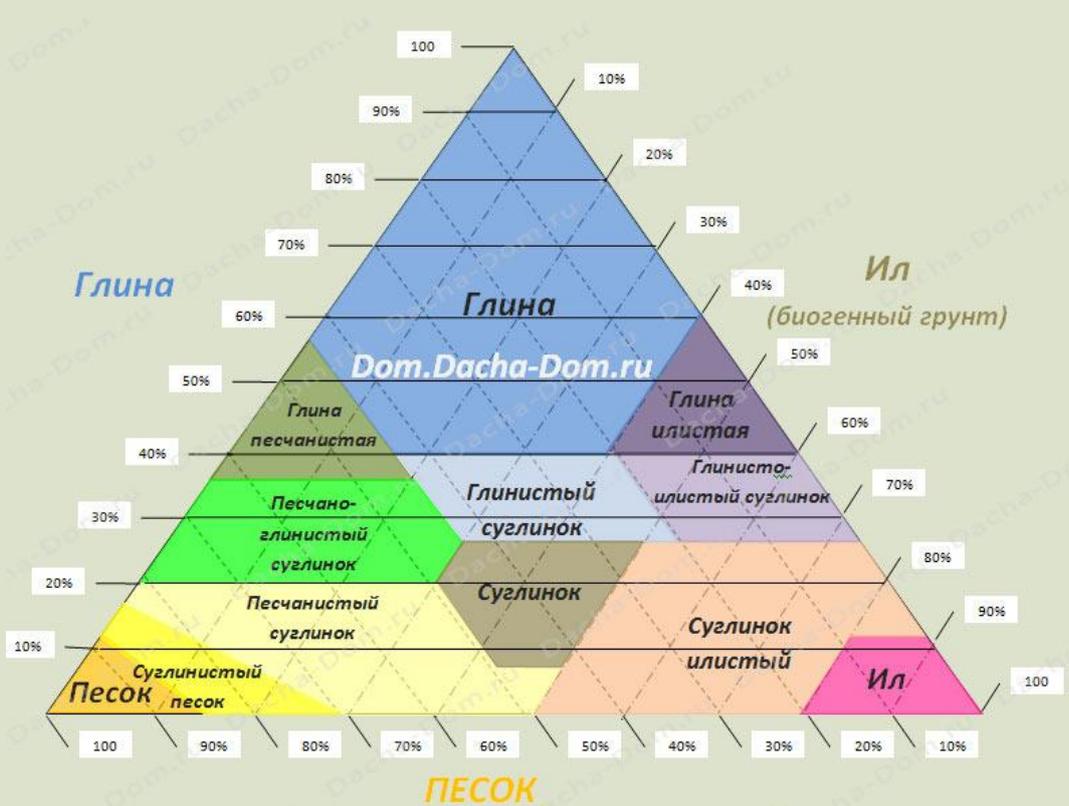
Схема №14. Анализ состава дисперсионного грунта.



11. Измерьте толщину каждого слоя осевшего грунта. Запишите:
12. Толщина слоя песка ____ см
13. Толщина слоя ила ____ см
14. Толщина слоя глины ____ см
15. Общая толщина осадка ____ см
16. Высчитайте процентное соотношение каждого вида осадка:
17. [Глина, см] / [общая толщина, см] = ____ % глины в грунте
18. [Ил, см] / [общая толщина, см] = ____ % ила в грунте

19. [Песок, см] / [общая толщина, см] = ___ % песка в грунте.
20. Определив долевое содержание основных минеральных и органических компонентов грунта, по нижеприведенной схеме пирамиды грунтов (Схема разработана Министерством сельского хозяйства США) определите тип грунта в пробе по процентному соотношению основных компонентов. Под илом понимается органический или неорганический грунт с чрезвычайно малым размером частиц.

Схема №15. Пирамида грунтов: количественный состав минеральных дисперсионных грунтов.



Пирамида количественного состава грунтов
<http://Dom.Dacha-Dom.ru> © 2012 Андрей Дачник

Пример: В пробе грунта содержится 60% песка, 10% глины и 30% ила. По схеме Пирамиды Грунтов определяем, что исследуемый грунт – песчанистый суглинок

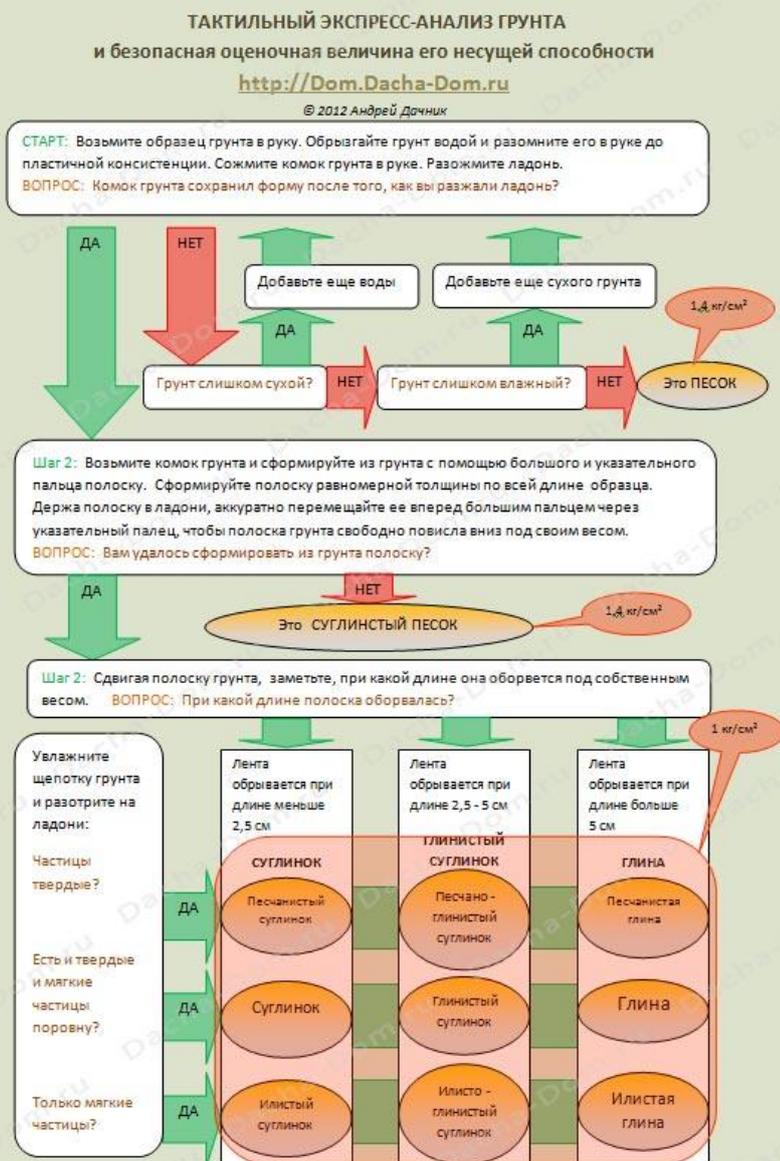
Грунт с минимальным содержанием глины 20% уже приобретает свойства глинистого грунта. В тоже время грунту требуется от 45% до 60% песка, чтобы он приобрел характеристики песчанистого грунта. В тоже время свойства глины всегда перевешивают: грунт, где в состав входит 20% глины и 80% песка, будет иметь свойства глинистого грунта.

Методика тактильного анализа грунта

Более быстрые результаты по оценочному анализу состава грунтов могут быть получены с помощью тактильной экспресс - методике оценки грунтов. Для проведения экспресс анализа грунта вам

понадобится только грунт, немного воды и собственная ладонь. Алгоритм действий по оценке грунта представлен на схеме ниже. Отдельно в красных овалах приведена безопасная величина оценочной несущей способности грунта.

Схема №16. Методика тактильного анализа грунтов.



Приведенная выше схема тактильного экспресс анализа грунта и безопасные минимальные значения несущей способности грунта позволят вам свести к минимуму риск ошибки при расчетах ширины ленточного фундамента. Помните, что норме площадь опоры ленточного фундамента должна быть как минимум на **30%** больше, чем минимально достаточная ширина. При этом минимальная ширина ленточного фундамента для садовых построек (беседки, сараи, навесы, небольшие бани) должна быть не меньше **15 см**. Для домов рекомендуемая минимальная ширина ленточного фундамента **30 - 35 см**.

Экспресс определение вида грунта:

- При растворении образца грунта в воде частицы песка быстро оседают на дно, обычно меньше чем за минуту. Ил оседает медленнее – от 10 до 60 минут. Глина остается в виде суспензии в течение нескольких

часов. Наблюдая за осадением растворенного образца грунта, можно сделать ориентировочное суждение о его составе.

- Непластичный песок не формирует колбаски при раскатывании образца грунта ладонью по гладкой поверхности. Ил скатывается в колбаски, но они непрочные и разламываются при высыхании. Глина формирует прочные колбаски при раскатывании, которые долго сохнут и становятся твердыми по высыхании.
- Высохшие песок и ил легко крошатся по высыхании образца. Глина образует твердые образцы по высыхании.
- При похлопывании по образцу ила на поверхности быстро выступает вода. На образцах глинистых почв вода при похлопывании выступает медленно, в зависимости от степени пластичности грунта.

Для закрепления материала рассмотрим британскую методику определения ширины ленточного фундамента. Британская методика аналогична рассмотренной нами выше методике, однако, в британском варианте многие значения для стандартных случаев не рассчитываются, а подбираются из заранее просчитанных таблиц с данными.

Британская упрощенная методика расчета ширины ленточного фундамента по нагрузке на линейный (погонный) метр фундамента.

Мертвый вес здания и мертвая нагрузка: Для подсчета мертвого веса здания суммируем вес всех элементов здания (стены, перекрытия, кровля). Чтобы подсчитать нагрузку (силу), умножаем суммарный вес на **9,81**, чтобы получить значение в Ньютонах. Допустим, здание весит **100 тонн (100 000 кг)** умножаем на **9,81** – получаем **981 кН** (килоньютон). При длине ленточного фундамента здания размером **10 м** на **10 м** с двумя внутренними лентами в **50** погонных (линейных) метров, передаваемая на грунт нагрузка составит **981 кН / 50 м = 19,62 кН/м**.

Полезная нагрузка: Добавляем к мертвой нагрузке нагрузку от оборудования, людей, мебели, снега на крыше. При расчете зданий с плоскими кровлями и кровлями с углом до **30 градусов** к горизонту добавляется нагрузка в **1,5 кН/м**. При углах кровли более **30 градусов** полезная нагрузка считается равной **0,75 кН/м**. Допустим в нашем доме площадь кровли с углом более 30 градусов. Добавляем к расчетам снеговую нагрузку **0,75 кН/м**.

Ветровая нагрузка: Для расчетов зданий в обычных условиях добавляется нагрузка **1 кН/м**.

Считаем **суммарную нагрузку** от здания на грунт: Мертвая нагрузка **19,62 кН/м** + Полезная нагрузка **0,75 кН/м** + Ветровая нагрузка **1 кН/м = 21,37 кН/м**.

Исходя из нагрузки, передаваемой от строения на грунт через ленточный фундамент, по нижеприведенным таблицам определяем минимально допустимую ширину ленточного фундамента.

Усредненные значения нагрузки на погонный метр ленточного фундамента для различного типа зданий: хозяйственные постройки, бани - **20 кН/м**, одноэтажные (мансардные) дома - **30 кН/м**, двухэтажный коттедж - **50 кН/м**, большой особняк - **70 кН/м**.

На основании несущей способности грунтов (расчетного сопротивления грунтов) Британским строительным ведомством были предварительно рассчитаны требуемые величины значений для ширины ленточных фундамента различного типа зданий, которые были сведены в таблицу №35, которая предстанет перед вашим взором ниже.

Таблица №35 Минимальная ширина ленточного фундамента в зависимости от типа почвы и расчетной нагрузки*.

Тип почвы	Состояние грунта	Полевое исследование состояния почвы	Минимальная ширина ленточного фундамента в зависимости от нагрузки (типа здания):		
			Баня 20 кН/м ² 50 кН/м ²	Дача 30 кН/м ² Особняк 70 кН/м ²	Коттедж
Скала, камень	Не мягче, чем песчаник или известняк.	Изъятие образца почвы возможно только механическим или пневматическим инструментом	Во всех случаях ширина ленты как минимум равна ширине стены здания.		
Каменистый или крупнопесчаный грунт	Компактный слежавшийся	Требуется лом для изъятия образца почвы. В землю трудно вбить деревянный кол диаметром 5 см глубже, чем на 15 см.	Баня 250 мм 500 мм	Дача 300 мм Особняк 650 мм	Коттедж
Глина, Суглинок	Твердый и сухой грунт	Не может лепиться в руке. Требуется лопата или лом для изъятия образца.	Баня 250 мм 500 мм	Дача 300 мм Особняк 650 мм	Коттедж
Глина, Суглинок	Плотный грунт	Лепится в руке.	Баня 300 мм 600 мм	Дача 350 мм Особняк 850 мм	Коттедж
Песок, супесь	Сыпучий	Может быть легко выкопан лопатой. Кол 5 см легко входит в землю.	Баня 400 мм	Дача 600 мм	Коттедж, особняк – требуется расчет специалиста или применение другого типа фундамента.
Песок, супесь, илистый песок	Мягкий	Извлекается рукой, легко мнется пальцами. Палец легко входит в грунт на 1 см.	Баня 450 мм	Дача 650 мм	Коттедж, особняк – требуется расчет специалиста или применение другого типа фундамента.
Песок, супесь, илистый песок	Очень мягкий	Сочится (просыпается) между пальцами при сжатии в кулаке. Палец легко входит в грунт на 2,5 см	Баня 600 мм	Дача 850 мм	Коттедж, особняк – требуется расчет специалиста или применение другого типа фундамента.
Торф, сапрпель, ил	Мягкий	Извлекается рукой, рассыпается в руке, расслаивается на волокна	Строительство ленточного фундамента недопустимо. Требуется консультация специалиста и выбор другого типа фундамента.		

* Данные адаптированы из Building Regulations Approved Document A: 2010, 2E3, Таблица №10 (Великобритания)

Таблица №36 Минимальная ширина ленточного фундамента в зависимости от типа здания и несущей способности грунта.

Ширина ленты мелкозаглубленного ленточного фундамента (МЗЛФ) для различных типов зданий** http://Dom.Dacha-Dom.ru © 2012 Андрей Дачник		Каменистый грунт, опoka. Сухая твердая глина, суглинок.	Плотная глина, суглинок (лепится в руке)	Сухой слежавшийся песок, супесь.	Мягкий песок, супесь, илистый грунт.	Очень мягкий песок, супесь, илистый грунт.	Торф.
Баня Сарай Нагрузка 20 кН/м ² *		25 см	30 см	40 см	45 см	65 см	Требуется другой тип фундамента
Дача 1 этаж + мансарда Нагрузка 30 кН/м ² *		30 см	35 см	60 см	65 см	85 см	Требуется другой тип фундамента
Коттедж 2 этажа Нагрузка 50 кН/м ² *		50 см	60 см	Требуется расчет	Требуется расчет	Требуется расчет	Требуется другой тип фундамента
Особняк 2-3 этажа Нагрузка 70 кН/м ² *		65 см	85 см	Требуется расчет	Требуется расчет	Требуется расчет	Требуется другой тип фундамента

* Приведены условные средние данные по силе нагрузки на грунт от зданий. В каждом конкретном отдельном случае требуется осуществлять индивидуальный расчет.

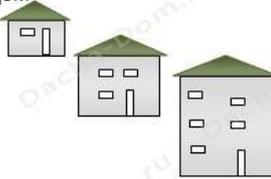
1 кг = 9,81 Н, 1 кН = 101,9 кг, 10 кН = 1019 кг

**Таблица приведена по данным Британских государственных строительных норм Building Regulations 2010 (Раздел 2E).

В Международных строительных нормах для жилых домов [IBC/IRC-2006] приводятся справочные данные для определения минимальной ширины ленточного фундамента в зависимости от материала стен дома и количества этажей в доме. Как и в ранее приведенных примерах, значения несущей способности грунтов в таблице существенно занижены по сравнению с принятыми в России значениями. Сделано это для создания поправочного коэффициента запаса прочности для предупреждения возможных ошибок при расчете ширины ленточного фундамента.

Вероятно, разумнее потратить чуть больше бетона на фундамент заранее по плану при постройке дома, чем лишиться покоя, комфорта и изрядных денежных средств потом, при ремонте фундамента и дома в случае ошибки. При этом ваш дом уже никогда не будет стоить своей настоящей цены из-за серьезного дефекта конструкции.

Таблица №37 Минимальная ширина ленточного фундамента для различного типа зданий.

Минимальная ширина ленты мелкозаглубленного ленточного фундамента (МЗЛФ) для различных типов зданий в зависимости от этажности* http://Dom.Dacha-Dom.ru	Ширина ленты, см Несущая способность грунта 0,72 кгс/см ² Пример: Пылеватые, мелкие слюдянистые пески, илестые пески, илестая глина	Ширина ленты, см Несущая способность грунта 1 кгс/см ² Пример: Глина, песчаная глина, илестая глина, глинестый неорганический ил	Ширина ленты, см Несущая способность грунта 1,4 кгс/см ² Пример: Крупный песок, глинестый крупный песок, илестый щебень, глинестый щебень	Ширина ленты, см Несущая способность грунта >1,92 кгс/см ² Пример: Гравелистый песок, гравий, щебень
КАРКАСНЫЙ ДОМ 1 этаж 2 этажа 3 этажа 	30 38 58	30 30 43	30 30 30	30 30 30
КАРКАСНЫЙ ДОМ, обложенный в «полкирпича» 1 этаж 2 этажа 3 этажа 	30 53 81	30 40 60	30 30 40	30 30 30
КИРПИЧНЫЙ ДОМ кладка в 1 кирпич 1 этаж 2 этажа 3 этажа 	40 73 106	30 53 81	30 35 53	30 30 40

*Таблица приведена по данным Table R401.3 International Residential Code, Chapter 4 «Foundations». Таблица приведена в ознакомительных целях, и не может служить основанием для расчета фундамента по российским строительным нормам и правилам.

IV. Строительство монолитного ленточного фундамента

Вынос разметки фундамента в натуру

СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» определяет необходимость создания внешней разбивочной сети фундамента (здания) для перенесения в натуру и закрепления на строительной площадке проектных параметров фундамента. Детальные разбивочные работы с выносом в натуру основных или разбивочных осей фундамента необходимы для точной установки опалубки, монтажа арматурного каркаса будущего ленточного фундамента.

Вынос размеров и осей фундамента в натуру – сложная и ответственная работа. По строительным нормам допускаются очень незначительные погрешности для построения разбивочной сети здания (не более

1/3000 от линейного размера для зданий высотой до 5 этажей). Допустимые отклонения для постройки фундаментов приведены в нижеследующей таблице:

Таблица №36 Величины предельных отклонений при строительстве ленточных фундаментов*

Параметры	Величины предельных отклонений, мм
Отклонения от совмещения установочных ориентиров фундаментных плит с рисками разбивочных осей	12
Отклонения выравнивающего слоя песка при установке плит фундаментов от проектной отметки	не должны превышать минус 15
Отметка опорных поверхностей фундаментной плиты	минус 25

*Таблица приведена по данным таблицы №1 главы 3 Технического Регламента ТР 94.03.1-99 «Монтаж сборных бетонных и железобетонных конструкций при возведении подземной части здания».

Отклонения изготовленного фундамента от проектного положения в плане не должна превышать **10 мм**. Величина отклонения в отметках вертикальных опорных поверхностей фундаментной плиты или фундаментных блоков не должны превышать **10 мм**.

Геодезическая разметка фундамента с выносом основных осей должна иметь не менее **4 знаков** (отметок) на каждую ось фундамента (закрепленные бетонной отливкой отрезки арматуры). При этом обязательно должны быть отмечены точки пересечения основных разбивочных осей фундамента. На местности должны быть отмечены наружные габариты фундамента.

Если в проекте присутствует привязка положения фундамента здания к известным ориентирам (другие здания, конструкции), геодезическим знакам или вам требуется сделать привязку положения фундамента к известной красной линии улицы, то вам придется произвести привязку положения хотя бы одной из осей фундамента к известным ориентирам. Получив вынос в натуре одной из осей или сторон ленты фундамента, в дальнейшем можно достроить на местности положение остальных осей и угловых точек будущего фундамента. Посмотрим, как это сделать, используя рулетку, шнур и колышки.

Методика привязки выноса фундамента в натуре к известным ориентирам на местности

Допустим, что из проекта нам известно расстояние от заборного столба до проекции фундамента на забор (расстояние Е на схеме №18) и расстояние от фундамента до забора (расстояние F на схеме №18). Вместо забора вы можете подставить положение осевой линии улицы и задать требуемое расстояние от центра улицы, замерив положение соседских домов, либо задав свое собственное расстояние F. По нормам пункта 6.6 СНиП 30-02-97 "Планировка и застройка территорий садоводческих объединений граждан, здания и сооружения" садовый дом должен отстоять от красной линии улиц не менее чем на **5 м**, а от красной линии проездов - не менее чем на **3 м**. При этом между садовыми домами,

расположенными на противоположных сторонах проезда, должны быть учтены противопожарные расстояния, указанные в нижеприведенной таблице:

Таблица №37 Минимальные противопожарные расстояния между крайними строениями и группами строений на садовых участках *

Материал несущих и ограждающих конструкций строения вашего строения	Расстояния до соседнего здания определенного стенового материала и горючести перекрытий, м		
	Камень, бетон, железобетон и другие негорючие материалы с негорючими перекрытиями	Камень, бетон, железобетон и другие негорючие материалы, с деревянными перекрытиями и покрытиями, защищенными негорючими и трудногорючими материалами	Древесина, каркасные ограждающие конструкции из негорючих, трудногорючих и горючих материалов
Камень, бетон, железобетон и другие негорючие материалы	6	8	10
То же, с деревянными перекрытиями и покрытиями, защищенными негорючими и трудногорючими материалами	8	8	10
Древесина, каркасные ограждающие конструкции из негорючих, трудногорючих и горючих материалов	10	10	15

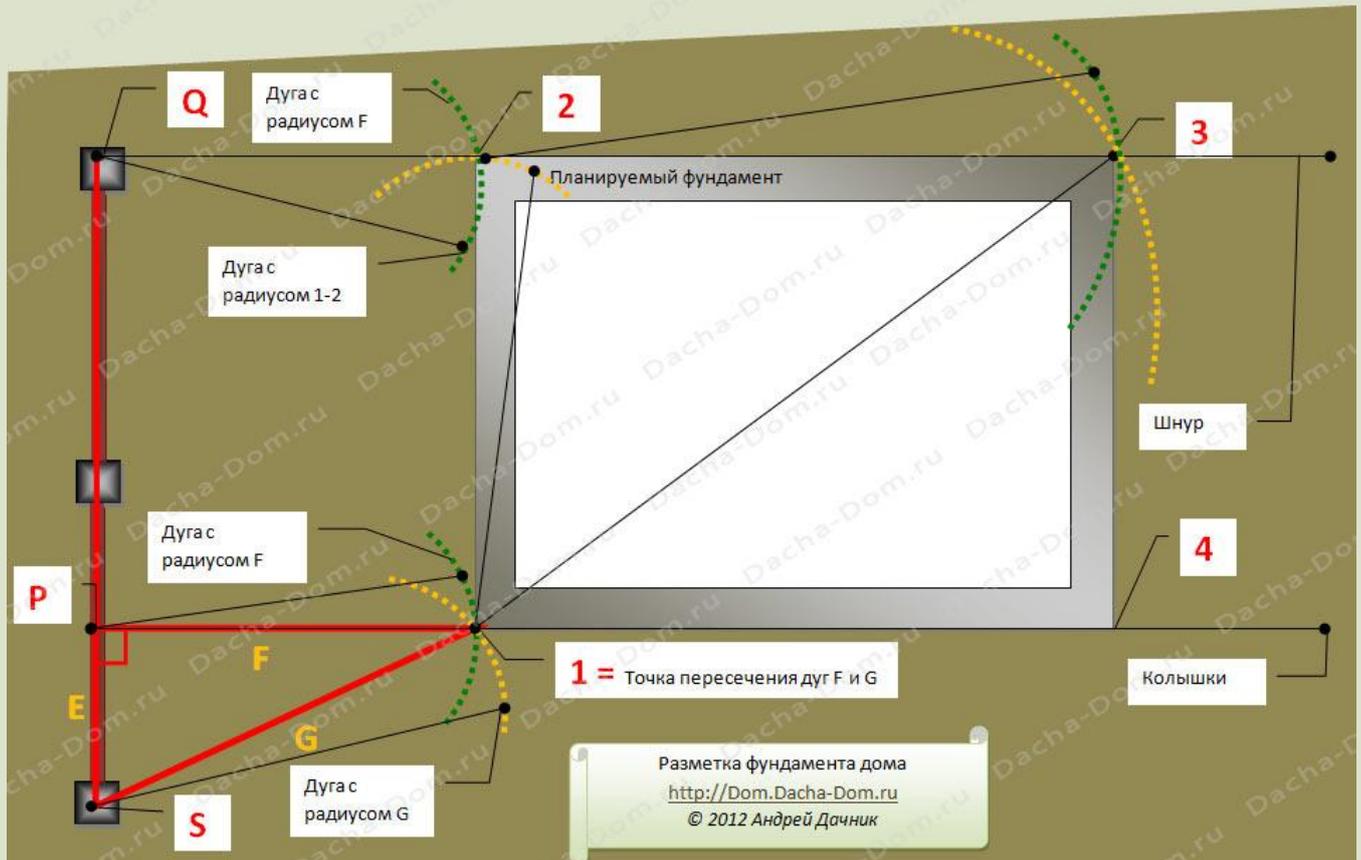
**Таблица адаптирована по данным таблицы №2 СНиП 30-02-97 Планировка и застройка территорий садоводческих объединений граждан, здания и сооружения.*

Действия по привязке положения фундамента к известным ориентирам на местности.

1. Находим положение угловой точки №1. Для этого отмечаем на местности стартовую точку S и откладываем по линии, параллельной осевой улицы расстояние E.
2. По теореме Пифагора находим значение длины гипотенузы G прямоугольного треугольника SP1 по известным значениям длин катетов E и F: $G = \sqrt{E^2 + F^2}$
3. Из точки S с помощью шнура и колышка (отрезка арматуры) проводим окружность на местности с радиусом G.
4. Из точки P с помощью шнура и колышка (отрезка арматуры) проводим окружность на местности с радиусом F.
5. Точка пересечения двух окружностей соответствует положению угловой точки фундамента №1.
6. От точки P по линии параллельной осевой улицы откладываем значение длины фундамента между точками 1 и 2. Находим положение точки Q
7. Из точки Q с помощью шнура и колышка (отрезка арматуры) проводим окружность на местности с радиусом F.

8. Из точки 1 с помощью шнура и колышка (отрезка арматуры) проводим окружность на местности с радиусом равным длине фундамента 1-2.
9. Точка пересечения двух окружностей соответствует положению угловой точки фундамента №2.

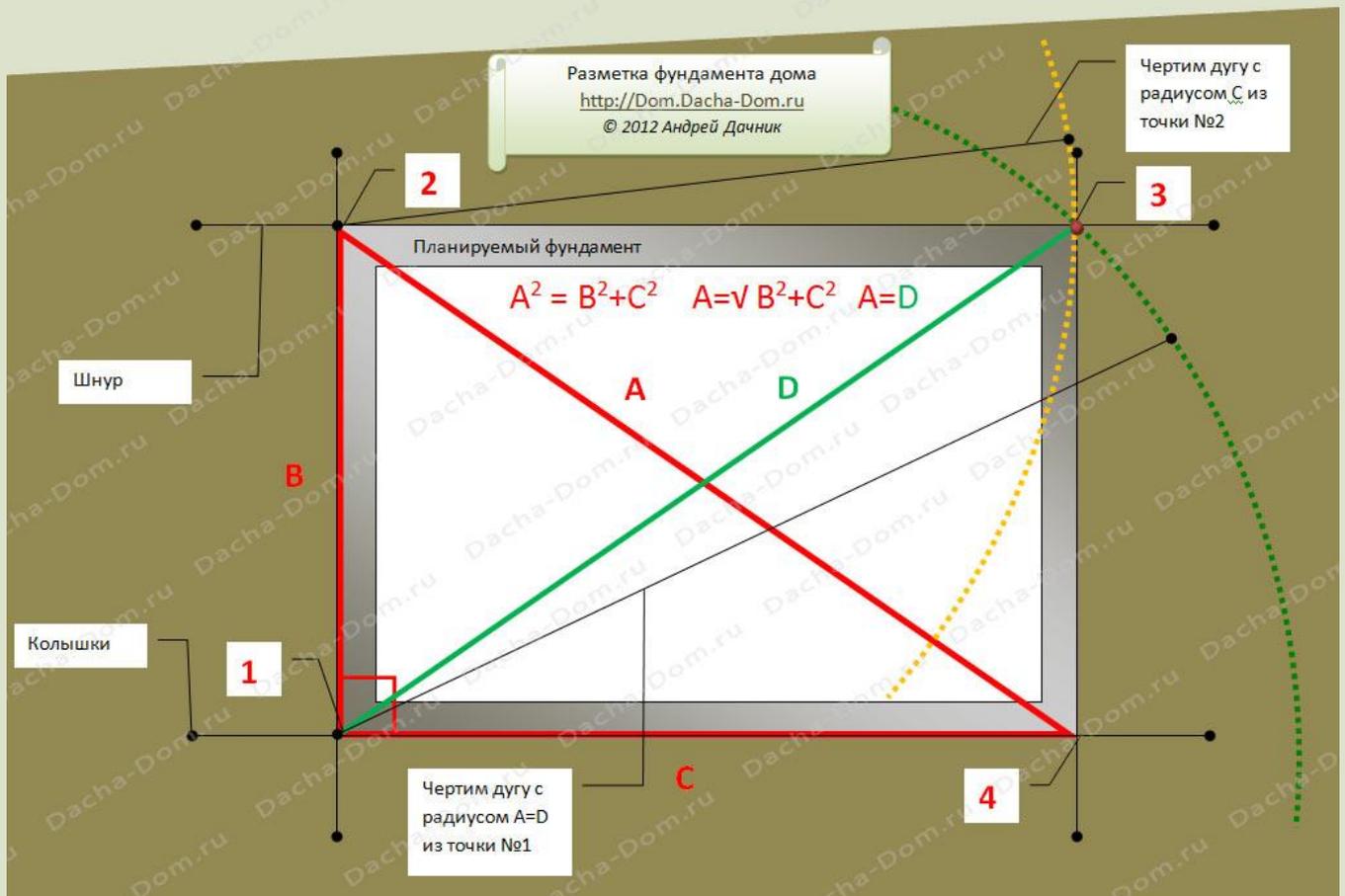
Схема №17. Методика привязки положения фундамента в натуре к ориентирам



10. Продолжение на схеме №19. По теореме Пифагора находим значение диагоналей фундамента А и D: $A = \sqrt{B^2 + C^2}$
11. Из точки 2 с помощью шнура и колышка (отрезка арматуры) проводим окружность на местности с радиусом С (расстояние 2-3 равно длине стороны фундамента).
12. Из точки 1 с помощью шнура и колышка (отрезка арматуры) проводим окружность на местности с радиусом А, значение которого мы определили в пункте 10.
13. Точка пересечения окружностей даст положение угловой точки фундамента №3 на местности.
14. Повторяем действия аналогичные пп. 11-13 для нахождения положения угловой точки фундамента №4.

Можно выносить в натуре как положение угловых точек фундамента, так и точки пересечения осевых фундамента.

Схема №18. Методика нахождения положения угловых точек фундамента



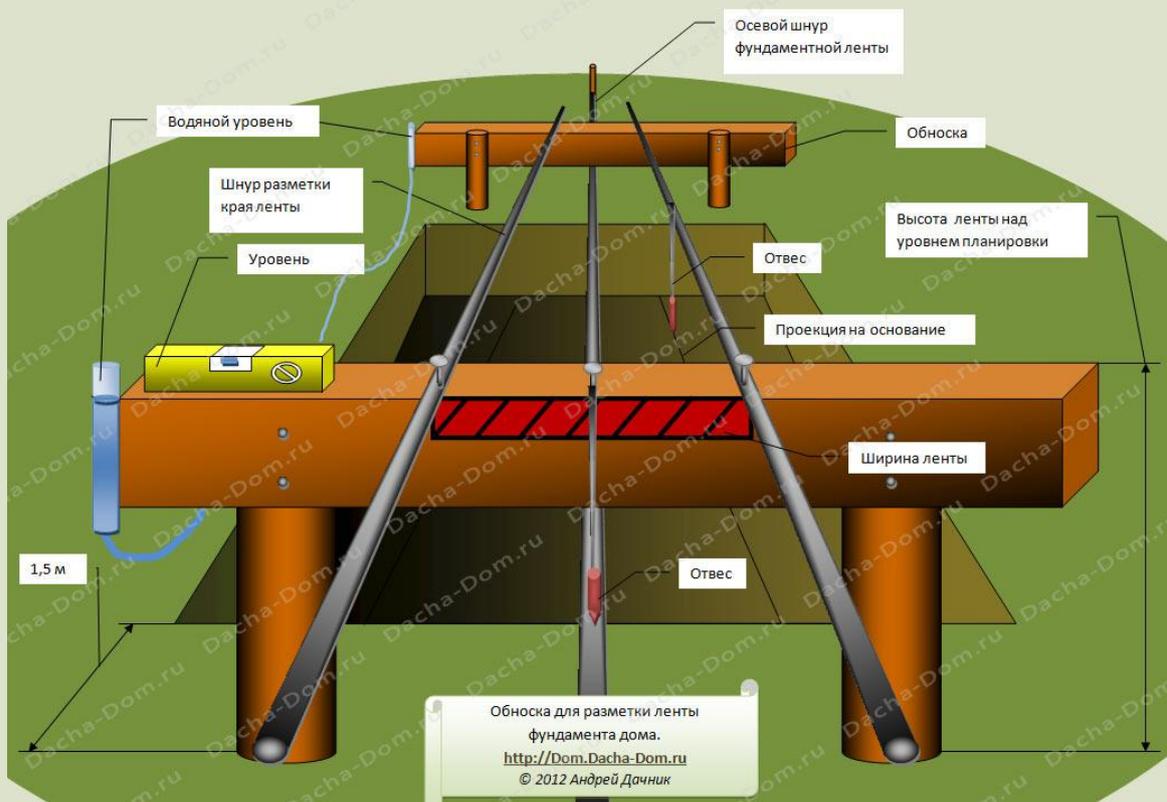
Далее по требованию пункта 3.5 СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» при устройстве фундаментов зданий разбивочные оси следует переносить на обноску для временного закрепления осей.

Обноска представляет собой конструкцию, состоящую из деревянных столбиков диаметром **80 - 120 мм** к которым прибиты с наружной от фундамента стороны ровные строганные доски толщиной **40 - 50 мм**. Длина доски обноска должна превышать ширину фундаментной ленты. Столбики закапывают или вбивают в землю на расстоянии обеспечивающим удобство производимых работ: от **1,5 - 2 метров** до **3 метров** [пункт 6.1. ВСН 37-96] от края будущей траншеи. Верхнюю грань обноска устанавливают в горизонте на высоте равной высоте будущего ленточного фундамента (на **5 - 7 см** ниже верхнего среза планируемой опалубки). Все верхние плоскости всех обносок выставляются в единый горизонт с помощью водяного уровня или лазерного построителя плоскостей. Положение одной из обносок при этом принимают за исходное, обозначив дополнительно на кольшке уровень планировочного нуля. На каждой стороне фундамента должно быть не менее двух высотных отметок. После выноса основных осей фундамента в натуре, осевые переносят на обноску. Обноска должна обеспечивать неизыблемость закрепленных на ней точек. Обноска разбивается от закрепленных осей здания с такой же точностью, с какой производятся по ней детальные разбивочные работы.

Между точками пересечения осевых или угловыми точками фундамента натягивают шнуры (струны из проволоки), которые закрепляются на кольях или отрезках арматуры, отступив **2-3 м** от краев траншеи. Обноску устанавливают над осевыми шнурами. Положение осевого шнура переносится на грань обноски с помощью отвеса или лазерного уровня. На плоскости обноски в обе стороны от осевой струны откладывается расстояния до внутренней и внешней стороны ленты фундамента, соответствующие проекту. Если на местность выносились края фундамента, то от перенесенного на обноску положения края фундамента откладывается целое значение ширины ленты. В найденные крайние точки ширины ленты вбиваются гвозди, к которым крепятся стальные проволочные струны разметки фундаментной ленты. Для контроля с помощью отвеса положение краевых струн переносится на откосы и дно траншеи, где могут быть отмечены забетонированными отрезками арматуры. Эти отметки послужат для контроля точности установки опалубки для заливки фундамента. Отметки из отрезков арматуры также требуется установить на всех пересечениях краевых шнуров обноски фундамента и в точках пересечения осевых. Это поможет восстановить обноску при случайном ее повреждении. На каждую ось требуется **4 отметки** на местности. Также, при небольшой глубине траншеи детальная разбивка мест положения фундамента может производиться с помощью нитяных отвесов, подвешенных на стальной проволоке струн и фиксирующих положение разбивочных осей в пространстве.

Контроль разбивки обноски осуществляется измерением прямых углов на двух диаметрально расположенных углах обноски или методом сравнения противоположных диагоналей.

Схема №19. Установка обноски фундамента



Площадка под застройку и траншея под фундамент

С площадки под застройку дома должны быть удалены плодородный слой почвы и растительность, включая корни, пни и древесные отходы и мусор. Если на участке грунт заражен муравьями, то после корчевки пней следует снять верхний слой грунта на глубину не менее **30 см** [пункт 5.2 СП 31-105-2002].

Перед рытьем траншеи под фундамент отдайте себе отчет, что вы точно понимаете глубину залегания грунтовых вод, и представляете, с каким грунтом вам предстоит иметь дело. Стабильность грунта – важнейшее условие для возможности построить дом, опирающийся на малозаглубленный ленточный фундамент. Помните, что грунты из мелких частичек с ровными краями (пылеватые и мелкие пески, глина, ил) при обводнении значительно теряют свои несущие свойства. Кроме того – поступление воды в траншею из подземных источников или по прорезанным водоупорным пластам может значительно затруднить проведение работ и превратить обычную “заливку” ленточного фундамента в подводное бетонирование.

Прорезание траншеей слоев грунта может вызвать изменение движения грунтовых вод, что может привести к подъему грунта при обводнении или к его усадке при незапланированном дренировании. Значительно теряют в объеме при дренировании пористые органические грунты (торф). Глинистые грунты способны осаживаться под нагрузкой на протяжении нескольких лет, постепенно отфильтровывая из своей структуры воду.

Перед началом работ по рытью траншей под фундамент оцените близость строительной площадки к окружающим постройкам (как своим, так и к соседским). Предупредите соседей о готовящихся земельных работах и попросите их наблюдать за стабильностью грунта и элементов конструкции их домов. Производимые вами работы могут оказать воздействие на стабильность и несущие способности грунта под соседними домами. Скорее всего, для вас будет дешевле остановить работы и задуматься о способах укрепления грунтов или о выборе другого типа фундамента, если производимые вами работы начнут вызывать деформации оснований соседских домов. В противном случае, кроме навсегда испорченных отношений с соседями, можно испортить и свое финансовое благополучие, выплачивая компенсации за причиненный вами ущерб.

Дренаж и водоотведение

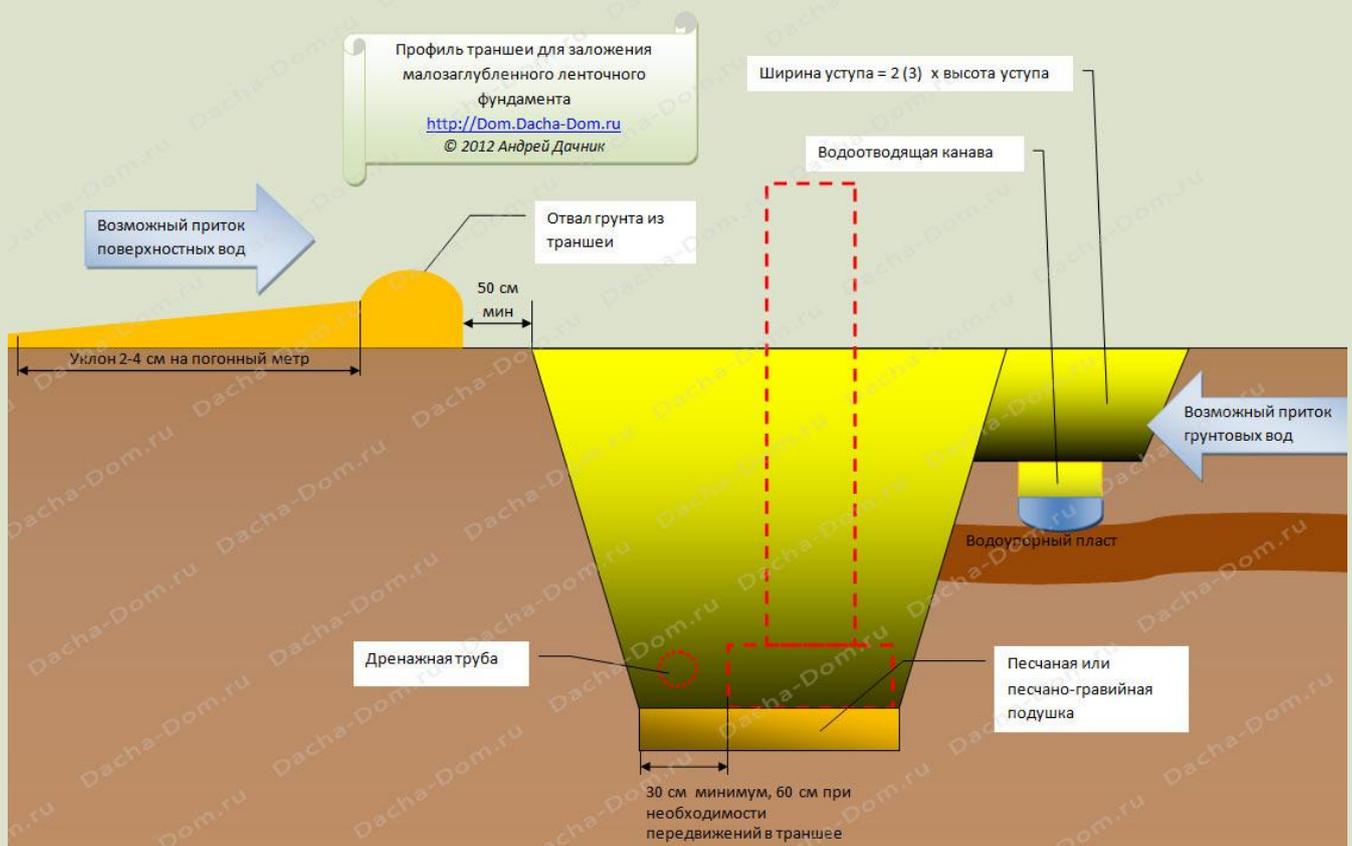
Хороший дренаж и водоотведение – это важные условия сохранения стабильности грунтов при рытье траншеи под фундамент. На плохо дренированных грунтах при потенциальной угрозе подтопления траншеи поверхностными водами (осадки), вокруг траншеи должен быть насыпан и трамбован водоотводящий уклон (банкет) из грунта. Этот банкет с уклоном поверхности **0,02-0,04** (спуск **2-4 см** на метр протяженности уклона) может послужить в дальнейшем для создания требуемого уклона грунта, отводящего поверхностные воды от фундамента здания (уклон до **0,05**). Если уклона для защиты от поверхностных вод недостаточно, то вокруг траншеи можно создать вал сплошным контуром и прорыть водоотводящие канавы на расстоянии не менее **1,5 метра** от края траншеи или заложить кольцевой дренаж. Уложенные дренажные трубы сбоку и сверху на высоту не менее **15 см** должны засыпаться дренирующим материалом (щебнем или крупнозернистым песком) с содержанием частиц размером менее **4 мм** не более **10 %** по массе. Толщина этого слоя под подошвой фундамента должна быть не менее **12,5 см**, а в плане слой должен выступать на **30 см** за наружные грани фундамента. На

увлажненных строительных площадках, где часть материала дренажного слоя втапливается в грунт, следует увеличивать толщину этого слоя с таким расчетом, чтобы толщина незагрязненного грунтом основания слоя составила не менее **12,5 см** [пункт 5.7.4 СП 31-105-2002]. Целесообразно выстилать выработку в грунте под дренаж и дренирующую засыпку геотекстилем, чтобы предупреждать заиливание дренажа.

При устройстве дренажей земляные работы следует начинать с более низких участков рельефа с продвижением в сторону более высоких отметок. Дренажные трубы и фильтрующие материалы укладывают наоборот – с высших точек (водораздельных участков) с продвижением в сторону низины (сброса) [пункт 2.6 СНиП 3.02.01-87]. Следует избегать устройства вводов трубопроводов канализации и водоснабжения с нагорной стороны здания.

При постоянном поступлении вод в траншею можно организовывать водоотводящие вместилища – зумпфы для воды, наполненные щебнем. Объем зумпфов должен быть не менее **пятиминутного объема** поступающей воды. Дно траншеи можно заполнить дренажным слоем из песка и щебня [пункт 2.4 СНиП 3.02.01-87]. Если траншея прорезает водоупорный слой, то траншею требуется расширить по уровню водоупорного слоя так, чтобы по периметру можно было отрыть канаву для отвода поступающей воды [пункт 2.16 СНиП 3.02.01-87]. Для траншей число уступов в стенах в скальных грунтах не должно превышать **3**, в прочих грунтах - **5**. Отношение высоты уступа к его ширине устанавливается проектом, но должно быть не менее **1:2** - в глинистых грунтах и **1:3** - в песчаных грунтах [пункт 3.18 СНиП 3.02.01-87].

Схема №20. Схема профиля траншеи для ленточного фундамента



Глубина и ширина траншеи

Траншея должна быть отрыта на глубину заложения фундамента с учетом толщины песчаной подушки. Дно траншеи должно быть горизонтальным. При рытье траншеи вручную рекомендуется очень аккуратно снимать последние слои грунта у отметки дна, чтобы не нарушить плотность слежавшихся пластов грунта. Упавший при рытье на дно грунт со стенок траншеи нужно удалить. Помните, что взрыхленный при рытье грунт имеет в **2 раза** меньшую плотность, чем слежавшийся и требует трамбовки при обратной укладке, поэтому дно траншеи должно быть зачищено до грунта с ненарушенной структурой. При рытье траншеи экскаватором пласты грунта будут взрыхлены и требуют обязательной трамбовки.

Если грунт достаточно плотный и не осыпается, то при небольших глубинах и отсутствии бетонной подготовки шире ленты фундамента условно допустимо (для сооружений III-й неответственной категории) отрыть траншею по ширине ленты фундамента + запас **4 см** (по **2 см** с каждой стороны), чтобы грунт послужил естественной опалубкой. Стенки траншеи при этом должны быть максимально выровнены.

В этом случае траншею рекомендуется выстлать полиэтиленовой пленкой, либо гидроизоляционным материалом. Пленка удержит воду внутри отливаемой ленты фундамента и даст бетону набрать проектную прочность. Также пленка будет служить препятствием для грунтовых вод и создаст «скользящий» слой, который снизит силу трения при воздействии на фундамент касательных сил морозного пучения. В случае обычной для самостройщиков «экономии» сил и материалов рекомендуется уложить хотя бы гидроизоляцию на дно траншеи – это будет лучше, чем ничего.

С наружной (уличной) стороны фундамента также рекомендуется сразу установить листы экструдированного пенополистирола толщиной **5-10 см** для утепления подземной части ленточного фундамента. При этом ширина траншеи должна быть увеличена на ширину устанавливаемого утеплителя. Утеплитель также послужит несъемной опалубкой для создания ровных стен бетонной отливки.

При устройстве бетонной подушки, траншея отрывается минимум на ширину подошвы бетонной подушки фундамента. Если планируется закладка дренажных труб на уровне подошвы фундамента, то ширину траншеи рекомендуется увеличить как минимум на **диаметр дренажной трубы + двойной отступ по 15 см (30 см)**.

В рыхлых осыпающихся грунтах стенки траншеи придется устраивать под углом, чтобы предупредить осыпание грунта, либо укреплять стенки деревянными или фанерными щитами. Грунт, извлеченный из котлована или траншеи, следует размещать на расстоянии не менее **0,5 м** от бровки выемки. Разрабатывать грунт в котлованах и траншеях подкопом стен с обрушением грунта не допускается.

Крутизна откосов стенок траншеи определяется по таблице №38. При этом, при наличии срезе различного вида грунтов, крутизну откосов для всех пластов определяется по наиболее слабому виду грунта.

Таблица №38 Выбор крутизны откосов траншеи.*

Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к глубине) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравийные	1:0,5	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лессы и лессовидные (однородные известковистые суглинисто-супесчаные грунты)	1:0	1:0,5	1:0,5

*Таблица адаптирована с упрощением по таблице №4 СНиП III-4-80.

При необходимости дальнейшей замены пучинистого или плохо дренированного грунта траншею под фундамент придется отрывать со значительным расширением к уровню поверхности земли (планировки). При этом на уровне подошвы фундамента траншея отрывается на 50 см шире в уличную (наружную) сторону, а на уровне планировки ширина траншеи может достигать величины, равной глубине промерзания грунта.

Если по проекту под фундаментом располагается траншея с вводом в дом коммуникаций, то она должна быть заполнена утрамбованным грунтом или бетоном класса не менее **B7,5** до отметки подошвы фундамента. Коммуникации (трубы, кабели) рекомендуется заключать в стальные гильзы и обкладывать сжимаемым материалом (пенополистирол, пенополиэтилен). Засыпку траншей с уложенными трубопроводами в непросадочных грунтах следует производить в две стадии:

На первой стадии нижнюю часть траншеи засыпают грунтом, не содержащим твердых включений размером свыше **1/10 диаметра** асбестоцементных, пластмассовых, керамических и железобетонных труб на высоту **50 см** над верхом трубы. Для других видов труб в грунте не должно быть включений размером свыше **1/4 диаметра** труб на высоту **20 см** над верхом трубы с подбивкой пазух и равномерным послойным его уплотнением до проектной плотности с обеих сторон трубы. При засыпке грунтом не должна повреждаться изоляция труб. Стыки напорных трубопроводов засыпаются только после проведения предварительных испытаний на прочность и герметичность.

На второй стадии выполняется засыпка верхней части траншеи грунтом, не содержащим твердых включений размером свыше диаметра трубы [пункт 4.9 СНиП 3.02.01-87].

Минимальная ширина траншеи под ленточный фундамент определяется следующими требованиями [пункт 3.3 СНиП 3.02.01-87]:

- Ширина траншеи под ленточные фундаменты должна включать ширину конструкции с учетом опалубки, толщины изоляции и креплений с добавлением по **20 см** ширины с каждой стороны к ширине основания фундамента.
- При рытье траншей одноковшовыми экскаваторами ширина траншеи задается не менее ширины режущей кромки ковша с добавлением **15 см** в песках и супесях, **10 см** в глинистых грунтах и **40 см** в разрыхленных скальных и мерзлых грунтах для предупреждения осыпания стенок траншей.

Если необходимо передвижение людей по дну траншеи рядом с возводимым фундаментом, то ширина дна траншеи выступающего в плане за пределы основания фундамента должна быть не менее **60 см** [пункт 3.2 СНиП 3.02.01-87]. Перед допуском рабочих в котлованы или траншеи глубиной более **1,3 м** должна быть проверена устойчивость откосов или крепления стен [пункт 9.17 СНиП III-4-80].

Подшова ленточного фундамента должна лежать в горизонте. Окончательное выравнивание осуществляется с помощью песчаной подушки, которая насыпается слоями по **20 см** с обязательной трамбовкой каждого слоя. Если вы сэкономите на трамбовке, то вы, возможно, сможете насладиться результатами возможной неравномерной осадки фундамента под своим собственным весом фундамента или под нагрузкой от здания. Проливать песчаную подушку в траншею не рекомендуется из-за возможности размыва подлежащего грунта. При необходимости **песок увлажняют до укладки** в траншею.

Траншеи можно отрывать в два этапа: черновой этап - с отклонениями, приведенными в позициях 1-4 таблицы №36 и окончательный чистовой этап (непосредственно перед возведением конструкции) - с отклонениями, приведенными в позиции 5 той же таблицы. Допустимые отклонения утрамбованной поверхности песчаной подушки от горизонта составляет **- 15 мм** [пункт 3.10 СНиП 3.03.01-87, ТР 94.03.1-99].

Таблица №39 Допустимые отклонения при выработке траншей под заложение фундаментов.*

Технические требования	Предельные отклонения
1. Отклонения отметок дна выемок от проектных (кроме выемок в валунных, скальных и вечномерзлых грунтах) при черновой разработке:	
а) одноковшовыми экскаваторами, оснащенными ковшами с зубьями	Для экскаваторов с механическим приводом по видам рабочего оборудования: драглайн + 25 см прямого копания +10 см обратная лопата +15 см Для экскаваторов с гидравлическим приводом +10 см
б) одноковшовыми экскаваторами, оснащенными планировочными ковшами, зачистным оборудованием и другим специальным оборудованием для планировочных работ, экскаваторами-планировщиками	+ 5 см
в) бульдозерами, траншейными экскаваторами, скреперами	+10 см
2. Отклонения отметок дна выемок от проектных при черновой разработке в скальных и вечномерзлых грунтах, кроме планировочных выемок:	
а) недоборы	Не допускаются
б) переборы	5-10 см
3. То же планировочных выемок:	
а) недоборы	10 см
б) переборы	20 см
4. То же без рыхления валунных и глыбовых грунтов:	
а) недоборы	Не допускаются

Технические требования	Предельные отклонения
б) переборы	Не более величины максимального диаметра валунов (глыб), содержащихся в грунте в количестве свыше 15 % по объему, но не более 0,4 м
5. Отклонения отметок дна выемок в местах устройства фундаментов и укладки конструкций при окончательной разработке или после доработки недоборов и восполнения переборов	± 5 см
6. Вид и характеристики вскрытого грунта естественных оснований под фундаменты и земляные сооружения	Должны соответствовать проекту. Не допускается размыв, размягчение, разрыхление или промерзание верхнего слоя грунта основания толщиной более 3 см
7. Отклонения уклона спланированной поверхности от проектного, кроме орошаемых земель	Не должны превышать ± 0,001 при отсутствии замкнутых понижений
8. Отклонения отметок спланированной поверхности от проектных, кроме орошаемых земель:	Не должны превышать:
а) в нескальных грунтах	± 5 см
б) в скальных грунтах	От + 10 до -20 см

* Таблица адаптирована с упрощениями из таблицы №4 СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты.

Восстановление переборов и недоборов глубины выработки траншей

Как говорилось выше, нарушение плотности слежавшегося грунта при неточной выработке траншей по глубине приведет к возможной незапланированной локальной просадке грунта в сжимаемой толще под фундаментом. Исходя из этого, доработку недоборов до проектной отметки глубины траншеи следует производить с сохранением природного сложения грунтов оснований. При восполнении переборов в выработки по глубине траншеи следует укладывать местный грунт и уплотнять его вибротрамбованием до плотности грунта естественного сложения основания. Также можно использовать малосжимаемый грунт (крупный и средний песок, щебень, гравийно-песчаную смесь). Однако на просадочных грунтах II-го типа (грунты слоем толще **5 см**, способные просесть под собственным весом) не допускается применение для доработки избыточной выработки дренирующего грунта. Восполнение переборов в траншеях в скальных грунтах допускается выполнять местным скальным грунтом, не содержащим кусков размером свыше **5 см** [пункты 3.7-3.10 СНиП 3.02.01-87]. Надежнее всего места переборов заполнять тощим бетоном [пункт 6.4 ВСН 37-96].

При возникновении необходимости восстановления оснований, нарушенных в результате промерзания, затопления, а также переборов глубиной более **50 см**, способ восстановления основания подлежащих грунтов должен быть определен профессиональными проектировщиками.

Кладка фундаментных блоков

Установка фундаментных блоков начинается с установки маячных блоков в углах здания и на пересечении осей фундамента. Маячные блоки устанавливают, совмещая их осевые риски с рисками разбивочных осей, по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Рядовые блоки устанавливают

после проверки положения маячных блоков. Наружные и внутренние грани блоков размечаются натянутыми шнурами или тонкой проволокой. Положение блоков по горизонтали проверяется уровнем, а вертикальное - отвесом. Положение фундаментных блоков по высоте регулируют прокладками или подливкой бетонного раствора. Установка блоков стен подвала выполняется с соблюдением перевязки. Рядовые блоки следует устанавливать, ориентируя низ по обрезу нижнего ряда, верх по разбивочной оси. Блоки наружных стен цокольного этажа, устанавливаемые ниже уровня грунта, выравниваются по внутренней стороне стены, а выше уровня земли - по наружной стороне. Вертикальные и горизонтальные швы между блоками заполняются раствором и расшиваются с внутренней и наружной стороны.

Опалубка

ГОСТ Р 52086-2003 «Опалубка. Термины и определения» характеризует опалубку как конструкцию, представляющую собой форму для укладки и выдерживания до необходимых сроков бетонной смеси. Опалубка обеспечивает проектные характеристики монолитных конструкций из бетона и железобетона. Конструкция опалубки должна быть жесткой и прочной, чтобы обеспечивать геометрическую неизменяемость формы и размеров под воздействием нагрузок от заливки бетонной смеси (которые составляют до $1/6$ от нагрузок от самого тяжелого бетона) и от выдерживаемой в форме бетонной смеси (нагрузка 2500 кгс/м^2). По отечественным нормам расчеты прочности опалубки производятся с коэффициентом $1,3$. Американские требования главы 2 «Руководства по конструированию опалубки» [ACI 347, Таблица 2.4] предусматривают **2-х кратный** запас прочности конструируемой опалубки.

Опалубка должна обеспечивать проектную точность геометрических размеров монолитного фундамента с минимальными отклонениями. Также опалубка помогает выдержать температурно-влажностный режим, необходимый для набора бетоном проектной прочности. Материал опалубки должен быть химически нейтральным, а конструкция опалубки должна быть должна обеспечивать ее снятие без повреждения бетона.

Таблица №40. Дополнительные динамические нагрузки, возникающие при выгрузке бетонной смеси.*

Способ подачи бетонной смеси в опалубку	Нагрузка, кгс/м ²
Спуск по лоткам, хоботам	400
Выгрузка из бадей вместимостью:	
до $0,8 \text{ м}^3$	400
более $0,8 \text{ м}^3$	600
Укладка бетононасосами	800

Чаще всего в дачном строительстве для фундаментов используется разборная мелкощитовая опалубка.

Для опалубки третьего класса точности, применяемой в неответственном дачном строительстве, ГОСТ Р 52085-2003 нормирует только один показатель: сквозные щели в стыковых соединениях (между щитами или досками), которые должны быть не более **2 мм**. Все остальные параметры опалубки и качества получившейся бетонной поверхности фундамента в этом случае отдаются на откуп заказчику строительства. Для примера ниже приведена таблица со стандартами ГОСТ по опалубке I и II классов точности и качеству бетонной поверхности:

Таблица №41. Значения показателей качества опалубки и готовой бетонной поверхности.*

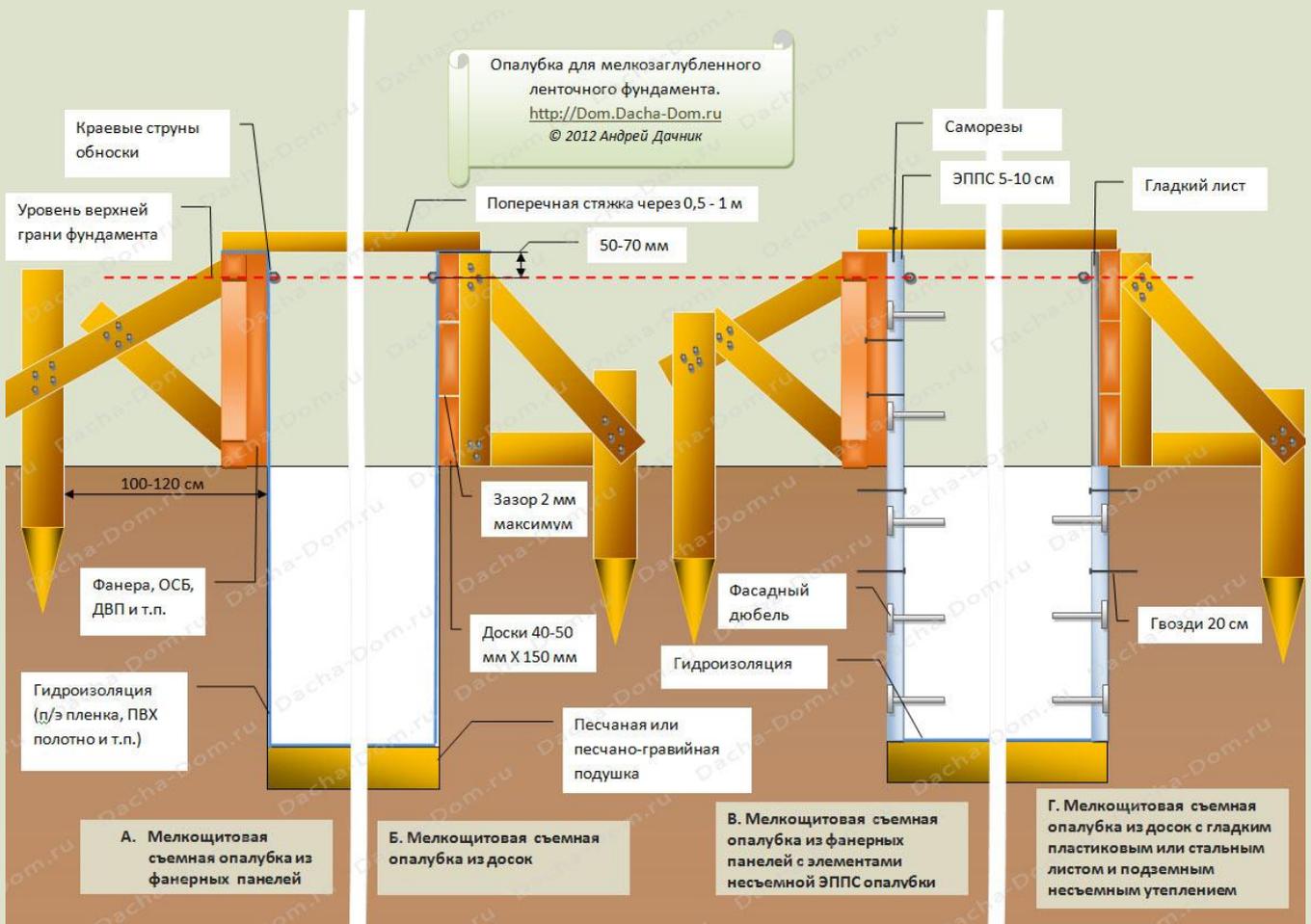
Наименование показателей, единица измерения	Значения показателей для классов	
	1	2
Точность изготовления и монтажа:		
отклонение линейных размеров швов на длине до 1 м (до 3 м), мм, не более	0,8(1,0)	1,5(2,0)
отклонение линейных размеров панелей на длине до 3 м, мм, не более:	1,5	3
перепады на формообразующих поверхностях: стыковых соединений щитов, мм, не более	1	2
стыковых соединений палубы, мм, не более	0,5	2
специально организованный выступ, образующий запад на бетонной поверхности, мм, не более	2	3
отклонения от прямолинейности горизонтальных элементов опалубки перекрытий на длине l , мм	$l/1000$, но не более 10	$l/800$
отклонение от прямолинейности формообразующих элементов на длине 3 м, мм, не более	2	4
отклонения от прямолинейности вертикальных несущих элементов (стоек, рам) опалубки перекрытий на высоте h , мм, не более	$h/1000$	$h/800$
отклонение от плоскостности формообразующих элементов на длине 3 м, мм, не более	2	4
разность длин диагоналей щитов высотой 3 м и шириной 1,2 м, мм, не более	2	5
отклонение от прямого угла щитов формообразующих элементов на ширине 0,5 м, мм, не более	0,5	2
сквозные щели в стыковых соединениях, мм, не более	0,5	1
высота выступов на формообразующих поверхностях, мм, не более	1	2
количество выступов на 1 м^2 , шт., не более	2	4
высота впадин на формообразующих поверхностях, мм, не более	Не допускается	1
количество впадин на 1 м^2 , шт., не более	То же	2
Качество бетонной поверхности монолитной конструкции после распалубки:	Категория А3	Категория А4
отклонение от плоскостности на длине до 1 м (до 3 м) мм, не более:		
А3	4,5(9,5)	-
А4	-	7,5(14)
диаметр или наибольший размер раковины, мм, не более:		
А3	4	-
А4	-	10
глубина впадины, мм, не более:		
А3	2	-
А4	-	3
высота местного наплыва (выступа), мм, не более:		
А3	Не допускается	-
А4	-	2

* Таблица адаптирована с упрощениями из таблицы №1 ГОСТ Р 52085-2003 Опалубка. Общие технические условия.

Съемная мелкощитовая или блочная опалубка 3-го класса для заливки монолитного ленточного фундамента может быть изготовлена из пиломатериалов хвойных и лиственных пород дерева не ниже II сорта, из древесностружечных плит, древесноволокнистых плит, фанера бакелизированной (водостойкой), фанера марки ФСФ и других материалов [пункт 6.2.6 ГОСТ Р 52085-2003] или комбинаций этих материалов. Деревянная мелкощитовая опалубка из досок способна выдержать до **15 циклов** бетонирования, а изготовленная из фанеры – до **30 циклов**.

При устройстве опалубки для мелкозаглубленных ленточных фундаментов без монолитной бетонной подготовки (или подушки) допустимо использовать в качестве естественной опалубки грунтовые стенки траншеи. Если грунт твердый и неосыпающийся, то можно осуществить выработку грунта с максимальной точностью и аккуратностью, чтобы создать гладкие вертикальные стенки траншеи. При этом ширина траншеи-опалубки должна быть шире проектной ширины ленты на **2 см** с каждой стороны (**проектная ширина + 4 см**). Дно траншеи должно быть утрамбовано по правилам, рассмотренным в предыдущей главе. На дне траншеи устраивается, планируется в горизонт и трамбуется песчаная подушка.

Схема №21. Виды мелкощитовых опалубок для ленточного фундамента



По краям траншеи устанавливаются щиты (блоки) опалубки. Чаще всего для устройства опалубки применяются сборные щиты из фанеры, либо панели из досок (*Варианты «А» и «Б» на схеме №22*). Доски используются влажностью до **22%**, толщиной **4-5 см** и шириной до **15 см**. Щели между стыками досок не могут быть более **2 мм**. Щиты закрепляются раскосами к вбитым в землю не ближе **1 метра** заостренным кольям из отрезков досок. Шаг установки раскосов зависит от высоты и ширины фундаментной ленты. В стандартных случаях дачного строительства шаг раскосов составляет **1 метр**. Допустимо скреплять верхний срез щитов опалубки деревянными перемычками, которые будут также препятствовать раскрытию опалубки при заливке бетонной смеси. Перемычки устанавливаются через **0,5-**

1 м. Местные отклонения геометрии опалубки (выгибы, прогибы) контролируются двухметровой рейкой и не могут составлять более **2 мм** для щитов из фанеры и **3 мм** для щитов из досок.

Внутренняя поверхность опалубки выстилается карманом из полиэтиленовой пленки, ПВХ полотна или аналогичных гидроизолирующих материалов. Гидроизоляция формы опалубки требуется для создания оптимального влажностного режима для набора бетоном прочности. При отсутствии гидроизоляции бетон набирает прочность в условиях «водяной жажды», что может привести к ослаблению его прочности. Если в опалубке отсутствует гидроизоляция, то вода (цементное молоко) из бетонной смеси легко фильтруется в грунт и через щели в опалубке, что недопустимо. Также гидроизоляция обязательна при использовании в опалубке фундамента пористых (древесных) материалов, способных набирать влагу. По причине создания оптимальных влажностных условий рекомендуется поливать бетонную отливку водой и укрывать полиэтиленовой пленкой сверху. Об этом мы поговорим подробнее ниже в главе «Уход за бетоном».

Гидроизоляционный материал с небольшим напуском (чтобы предупредить его разрыв при заливке бетона) укладывается карманом на дно траншеи и крепится скобами степлером к опалубке сверху с загибом через края опалубки для предупреждения его срыва под тяжестью заливаемой бетонной смеси.

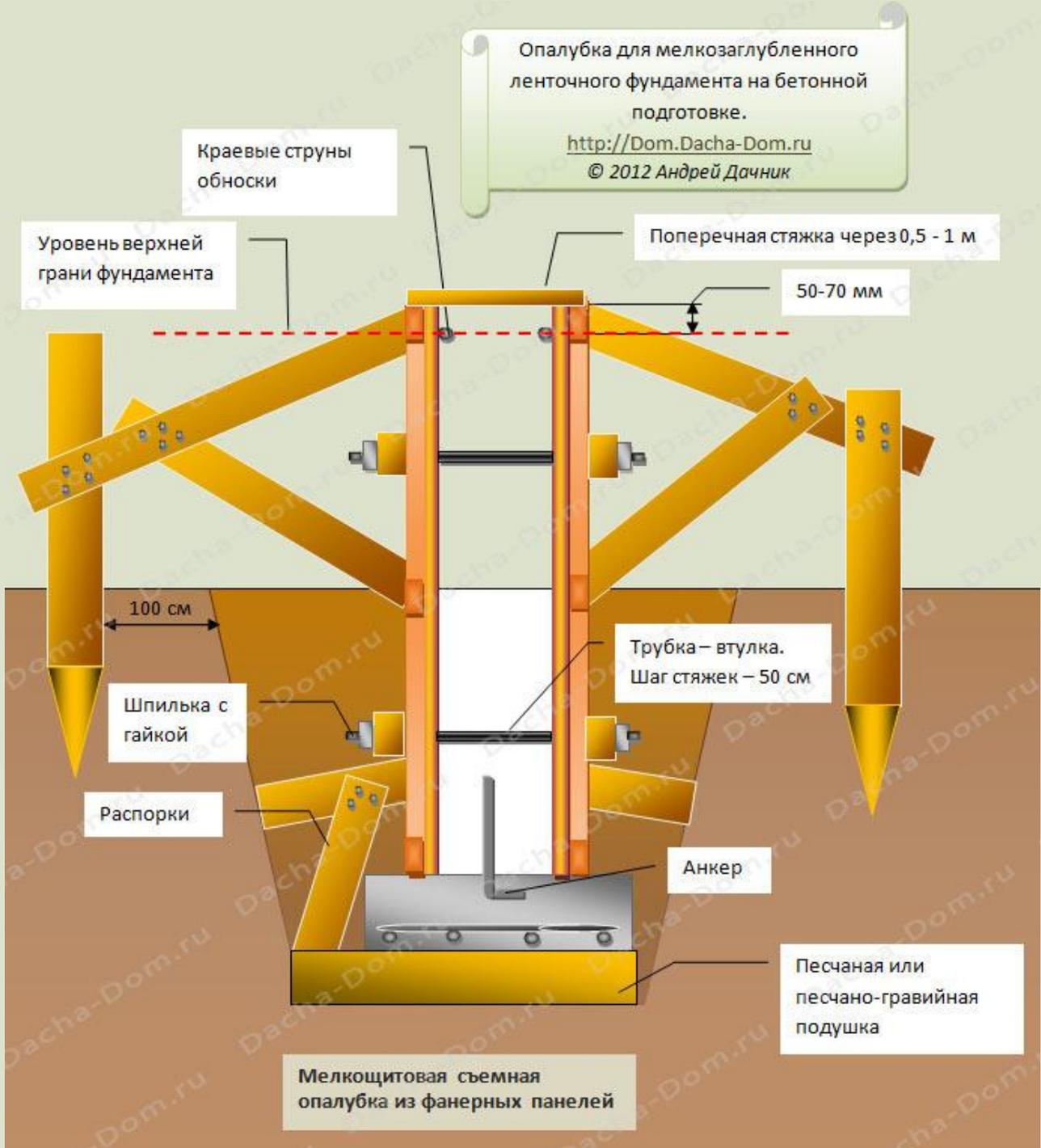
Положение верхнего среза опалубки задается на **5-7 см** выше проектного уровня верхней плоскости фундамента. В опалубке напротив установленных обносок делаются пропилы, в которые пропускаются натянутые стальные струны обносок краев фундаментной ленты. По стальным струнам обноски будет контролироваться уровень заливки и заглаживания верхней плоскости фундамента.

При строительстве в рыхлом, осыпающемся грунте придется устанавливать опалубку на всю глубину траншеи. Ширина траншеи при этом увеличивается на ширину опалубки с обеих сторон. Для экономии сил и средств, рациональным решением в этом случае будет устройство комбинированной съемно-несъемной утепленной опалубки ленточных фундаментов.

Подобная комбинированная опалубка может быть использована и на твердых недосыпающихся грунтах, так как имеет целый ряд преимуществ по сравнению с традиционной «грунтовой» опалубкой. Комбинированная опалубка состоит из двух частей (*варианты «В» и «Г» на схеме №22*): наружной и внутренней. Внутренняя несъемная часть опалубки состоит из листов экструдированного пенополистирола (ЭППС) толщиной **5-10 см**. Наружная часть комбинированной опалубки представляет собой стандартную съемную мелкощитовую опалубку, удерживающую листы ЭППС в заданном положении при заданной геометрии фундамента.

Листы пенополистирола заранее прошиваются насквозь фасадными дюбелями – «грибками», которые будут играть роль анкеров крепления после того, как бетон в опалубке наберет прочность. Листы ЭППС крепятся к грунтовым стенкам обычными гвоздями длиной минимум **20 см**. В верхней части листы ЭППС закреплены съемными саморезами к деревянным элементам опалубки. Листы ЭППС должны иметь замки на боковых гранях (уступы по системе шип-паз), чтобы предупредить протечки воды и бетонной смеси. При использовании листов ЭППС толщиной **5-10 см**, обладающих существенной механической прочностью, можно сэкономить на древесине опалубки, устраивая не сплошной щит опалубки, а щит-решетку, удерживающий листы ЭППС в заданном положении.

Схема №22. Опалубка для ленточного фундамента на бетонной подушке.



Листы несъемной части пенополистирольной опалубки ленточного фундамента предназначены для:

- Утепления подземной и надземной части фундаментной ленты.
- Гидроизоляции фундаментной ленты и предупреждение утечки цементного молока.
- Создания сминаемого слоя при восприятии горизонтальных нагрузок от грунта.

- Создания гладкой поверхности для снижения силы трения при воздействии касательных сил морозного пучения и сил морозного «захвата».

При строительстве ленточного фундамента на бетонной подушке или в траншеях с откосами конструкция опалубки будет отличаться (Схема №23). После того как в траншее будет залита армированная или не армированная бетонная подушка и пройдет **3 дня** при среднесуточной (а не дневной!) температуре от **+20 °С**, или **5 дней** при среднесуточной температуре от **+10 °С** до **+20 °С** на бетонной подушке можно будет устанавливать мелкощитовую опалубку для ленты фундамента. Удобный материал для изготовления такой опалубки – это бакелезированная или ФСФ фанера на рамах из деревянных брусков.

Стягиваются щиты такой опалубки через стальные (не алюминиевые!) втулки-трубки заданной длины, равной ширине фундаментной ленты. Через отверстия в фанере и трубки вставляются резьбовые шпильки и затягиваются через опорные бруски и шайбы или пластинами гайками. Таким образом, получается жесткая пространственная конструкция. Шаг установки резьбовых стяжек – **50 см**. После снятия опалубки все отверстия должны быть тщательно заделаны цементным раствором. Дополнительно опалубка фиксируется в траншее по краевым струнам обноски и уровню с помощью распорок внутри траншеи и раскосов – снаружи. Опорные колья для фиксации опалубки забиваются не ближе **1 м** от края траншеи. Обращенную к бетону поверхность опалубки для облегчения распалубки смазывают известковым молоком, цементным раствором или гидрофобным составом.

Способ стяжки щитов опалубки можно упростить с использованием низвлекаемой проволочной затяжки. Для устройства проволочной затяжки на щиты опалубки с внешней стороны напротив друг друга прибавляются вертикальные деревянные бруски. Потом берется стальная проволока диаметром 4-6 мм (если проволока сталистая, то она предварительно отжигается). Проволоку сгибают пополам и засовывают в щель между досками опалубки (если щелей нет, то можно просверлить отверстия) таким образом, чтобы она петлей обхватила прибитые опорные бруски. Проволоку просовывают дальше через щели (отверстия) в опалубочном щите напротив, и завязывают на втором бруске. Таким образом получается кольцевой проволочный хомут. В центр хомута между стрелками проволоки вставляют вороток (обрезок толстой арматуры) и начинают закручивать петлю. Для ограничения сжатия щитов опалубки и предупреждения их деформации и отклонения от проектного положения между щитами при закрутке вставляют калиброванные по размеру деревянные бруски. При укладке бетона проволочная скрутка остается в теле ленты фундамента, а после распалубки концы проволоки обрубается.

При установке опалубки отклонения плоскостей от вертикали не должны превышать **5 мм** на **1 м** высоты. Максимально допустимое смещение осей опалубки от проектного положения - **10 мм**. Местные неровности не могут составлять более **2 мм** для щитов из фанеры и **3 мм** для щитов из досок [пункт 3.7 ВСН 37-96]. Европейские нормы для монолитных поверхностей, доступных обозрению, предусматривают менее строгие нормы: отклонение **6 мм** на **2 метра** [ENV 13670-1:2000, 10 Geometrical tolerances, и приложение F, Guidance on geometrical tolerances]. В процессе бетонирования надлежит вести непрерывное наблюдение за состоянием опалубки и креплений, своевременно предотвращая деформации опалубки.

Задающая форму и текстуру бетона поверхность опалубки может быть выстлана гладкой или профилированной листовой сталью или листами пластика. При использовании в опалубке гладких листовых материалов можно существенно сэкономить на отделке цоколя: вместо штукатурки и

облицовки бетонной поверхности ее можно будет просто покрасить (как и делается при строительстве домов в Европе).

С другой стороны с помощью опалубки можно создать особую рельефную текстуру, которая придаст цоколю дома особую выразительность. На фотографии ниже (*фотография №3*) фактура монолитной бетонной стены здания была создана с помощью щитовой опалубки из горбыля.

Фотография №3. Фактурные монолитные стены здания в Норвегии.



Современная съёмная опалубка

Необходимо упомянуть о современных видах современной съёмной опалубки западного производства. Многие фирмы (Max Frank, Lammi и др.) выпускают щитовую модульную опалубку, представляющую из себя стальную сварную сетку различных диаметров, затянутую методом термоусадки в прочную и ровную полиэтиленовую пленку. Существуют разновидности с элементами армирования для ленточных фундаментов или элементами поддержки стержневой арматуры (Lammi). Гибкость стальной сетки позволяет придать опалубке любую форму с высокой точностью. Пленка создает ровную гладкую поверхность на бетонной отливке, предупреждает вытекание цементного молока и предупреждает преждевременное испарение влаги из бетона. Элементы опалубки могут использоваться и для укрытия бетона от природных факторов (дождя, ветра, пыли, животных и т.п.). Пленка стойка к воздействию УФ-лучей, и выдерживает многократный оборот опалубки.

Несъемная опалубка

Несъемная опалубка, формирующая ровную утепленную или неутепленную поверхность фундаментной ленты, существенно экономит силы и средства при строительстве. В качестве несъемной опалубки могут выступать различного вида блоки (бетонные, пенополистирольные, стальные, пластмассовые) или различные модульные, панельные или композитные материалы (экструдированный фибробетон, оцинкованная сталь, пластмасса и другие). Одним из самых рациональных вариантов является модульная несъемная опалубка из полистирольных блоков (EPS или XPS). Впервые несъемная пенополистирольная опалубка была применена в 1960-х годах в США, Канаде, Германии и Франции.

Несъемная опалубка пенополистирольная опалубка чаще всего состоит из стандартных блоков определенного размера. Чаще всего толщина заливаемого бетонного слоя составляет до **30 см**. Ширина блока задается пластиковыми или стальными перемычками. Не рекомендуется использовать для несъемной опалубки фундаментов монолитные блоки с пенополистирольными перемычками. Такие перемычки создают значительные пропуски в бетонировании.

Стандартная наружная отделка несъемной пенополистирольной опалубки на видимых поверхностях выше уровня земли включает в себя:

- Базовый слой армированной полимерцементной штукатурки (например, Кнауф Севенер).
- Штукатурная стекловолоконная щелочестойкая сетка плотностью **160 г/м²**.
- Основной слой армированной полимерцементной штукатурки толщиной от 4 мм до 6 мм (максимум **12 мм**).
- Грунтовка (основа) под финишную штукатурку (например, Atlas Silkon ANX)
- Силиконовая штукатурка (например, Atlas Silkon N или R) или другая тонкослойная штукатурка.

Оштукатуренная лента фундамента в несъемной пенополистирольной опалубке способна выдерживать воздействие пламени в течение **1 часа** без потери структурной целостности. Срок службы ленты фундамента в несъемной пенополистирольной опалубке составляет **60+ лет**. [BS 7543: 1992 Guide to Durability of Building Elements, products and components].

Армирование ленточного фундамента

Армирование малозаглубленного ленточного фундамента осуществляется для компенсации нагрузок возникающих в процессе эксплуатации фундамента. Бетон обладает хорошей прочностью на сжатие, но нагрузки, вызывающие срез или растяжение бетона могут легко нарушить целостность его структуры. Устойчивость бетона к сжатию в **50 раз** выше, чем к растяжению. Превращение с помощью стальной арматуры неармированного бетона в новый материал – железобетон позволяет фундаменту обрести повышенную устойчивость к растягивающим нагрузкам. Армированный ленточный фундамент представляет собой свободнолежащую на упругом основании монолитную железобетонную раму из жестко связанных балок.

Грунт под фундаментом – не неподвижная монолитная платформа, а чаще всего неоднородная структура, которая претерпевает различные виды движений под воздействием влаги, движения воды, температуры воздуха, солнечного света, воздействия растительного и снежного покровов, и от собственно дома и манипуляций по его постройке. Фундамент постоянно воспринимает различные нагрузки от возможных движений грунтов. Упрощенно рассматривая нагрузки на ленточный фундамент, можно представить, что нижняя часть ленточного фундамента под нагрузкой от здания испытывает преимущественно растяжение, а верхняя часть фундамента – сжатие. Стальная арматура способна упруго без разрушения воспринимать в **10 раз** большие нагрузки на растяжение, чем бетон. Сталь способна удлиняться без разрыва при приложении нагрузки на растяжение от **4 до 25 мм**, а бетон всего на **0,2 -0,4 мм**. Бетон же лучше выдерживает нагрузки на сжатие. Объединенные в единый материал – железобетон, сталь и бетон помогают лучше выдерживать комплекс нагрузок на сжатие и растяжение. Равноудаленная от верхней и нижней части ленты фундамента часть практически не испытывает нагрузок. Поэтому срединный слой продольных стержней арматуры, который часто добавляют «для прочности» фактически бесполезен. Если же вы строите заглубленный фундамент – подземную стену, то и армироваться он должен как монолитная бетонная стена.

Иногда в самодеятельном дачном строительстве встречаются ситуации, когда строители армируют только нижнюю часть фундамента. Аргумент у таких строителей такой: нагрузка от дома не даст балке выгнуться вверх и создать растяжение в верхней части балки, где можно «сэкономить» арматуру. Однако такие строители забывают о значительной подъемной силе намокающего расширяющегося грунта или силе морозного пучения, при замерзании воды в грунте. Приложение таких сил может превысить нагрузку от дома и вызвать растяжение в верхней части фундаментной балки, которое приведет к разрушению целостности ее структуры.

Основные правила армирования ленточного фундамента

Характеристика видов арматуры, используемых для армирования фундамента.

Для армирования монолитных ленточных фундаментов в России используется арматура периодического профиля класса А-III (А400). Такая стальная арматура представляет собой круглые профили с двумя продольными ребрами и поперечными выступами, идущими по трехзаходной винтовой линии. Периодический профиль арматуры обеспечивает лучшее сцепление арматуры с бетоном, в отличие от арматуры гладкого профиля, которая рекомендуется в применении в качестве обвязки (хомутов) продольных стержней арматуры периодического профиля. Маркировка А400 соответствует пределу текучести данного класса стальной арматуры (**390 Н/мм²**). Этот класс арматуры уже является устаревшим. С 1990-х годов европейские страны перешли на единый класс свариваемой арматуры с пределом текучести **500 Н/мм²**. Применение такой арматуры класса А500С вместо арматуры класса А400 (А-III) обеспечивает более **10 %** экономии стали в строительстве.

Стержни арматуры класса А-III изготавливают длиной от **6 до 12 м**. Арматура, используемая для армирования фундамента должна иметь следующее обозначение: номер профиля – класс арматуры – ГОСТ, например: **12-А-III (А400) ГОСТ 5781-82**. Для производства арматуры используются следующие марки сталей: 35ГС, 25Г2С (для номеров профиля 6-42) и 32Г2Рпс (профиль номер 6-22).

Таблица № 42 Соответствие номера профиля, площади поперечного сечения и масса 1 м длины арматурной стали гладкого и периодического профиля. *

Номер профиля (номинальный диаметр стержня, мм)	Площадь поперечного сечения стержня, см ²	Масса 1 м профиля	
		Теоретическая, кг	Предельные отклонения, %
6	0,283	0,222	+9,0
8	0,503	0,395	-7,0
10	0785	0,617	+5,0
12	1,131	0,888	-6,0
14	1,540	1,210	
16	2,010	1,580	
18	2,540	2,000	
20	3,140	2,470	+3,0
22	3,800	2,980	-5,0
25	4,910	3,850	
28	6,160	4,830	
32	8,010	6,310	

* Таблица адаптирована с сокращением из пункта 1.3 ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций.

Арматура А-III периодического профиля выпускается в отечественном варианте с кольцевыми выступами и в варианте «европрофиль» с серповидными выступами. Отечественный кольцевой профиль обеспечивает лучшую прочность сцепления арматуры с бетоном, а серповидный профиль позволяет повысить выносимость арматуры к периодически повторяющимся нагрузкам. Для армирования фундаментов лучше подходит отечественный кольцевой профиль арматуры. Реже встречается четырехсторонний серповидный профиль арматуры, который объединяет достоинства обоих видов периодического профиля арматуры.

Арматуру класса А-III (А400) соединять при помощи сварки не рекомендуется. При локальном температурном воздействии происходит значительное ослабление структуры стали. Структурные изменения стали происходят в области сварки и в прилегающих участках на длину, равную четырем диаметрам арматуры в каждую сторону [комментарии к ACI 318-05, глава 7, пункт R7.2.3]. Для сварки предназначены только специальные свариваемые классы арматуры – они обозначаются литерой «С» (А400С, А500С). В нормах Американского института бетона [ACI 318-05, глава 7, пункт 7.5.4] подчеркивается, что запрещается сварка перекрестий арматуры, которая может привести к надлому стержней арматуры. Если класс арматуры не известен и требуется произвести сварное соединение продольных стержней, то свариваемую арматуру (45-55% по длине стержня) необходимо предварительно нагревать до 200 °С, чтобы минимизировать потери прочности стали [нормы Американского общества по сварке ANSI/AWS D1.4:2005]. Минимальная длина сварного шва должна соответствовать 10 диаметрам стержня свариваемой арматуры.

Арматуру требуется гнуть для устройства соединительных элементов, работающих на растяжение (стандартный крюк и лапка) и для армирования углов и примыканий.

Стоп-халтура! Некоторые рабочие - строители армируют углы ленточных фундаментов и примыканий лент с помощью перекрестий стержневой арматуры. Такой способ является грубейшим нарушением типовых схем армирования углов и примыканий, ослабляющих конструкцию, который может привести к

расслоению бетона. О причинах распространенности этого явления, и о правильном армировании мы поговорим в одном из разделов ниже.

Арматуру класса А-III можно гнуть в холодном состоянии на угол до **90°** по диаметру изгиба с оправкой радиусом равным пяти диаметром сгибаемой арматуры без потери прочности. При загибе арматуры на **180 градусов** прочность арматуры снижается на **10%**. По американским нормам [глава 7, ACI 318-2005] диаметр оправки для арматуры номинальным диаметром до **26 мм** сгибается по диаметру равному **шести диаметрам** сгибаемой арматуры, а арматура диаметром **28-36 мм** сгибается по восьмикратному диаметру. При этом свободный загибаемый конец арматуры должен быть не короче **12 диаметров** стержня арматуры [пункт 7.2.2 ACI 318-2005]. Нельзя сгибать арматуру, один конец которой уже замоноличен в бетон.

Стоп-халтура! Практикуется как минимум два широко распространенных недопустимых приема гибки арматуры. Если заказчик строительства требует от рабочих - строителей, как и положено, сгибать арматуру для армирования углов и примыканий фундаментной ленты, а не класть ее перекрестиями (о чем мы будем говорить ниже), то рабочие, лентяй, либо нагревают место сгиба автогенном, на костре или паяльной лампой, либо надпиливают место сгиба арматуры диском угловой отрезной машинки. Понятно, что оба способа значительно ослабляют стержни арматуры, что может привести к разрушению их целостности под нагрузкой. Требование пункт 7.3.1 ACI 318-08 гласит: ***Все виды арматуры должны сгибаться в холодном состоянии, если иное не предписано проектировщиком.***

Арматура класса А-III (А400) используется для продольного и поперечного армирования ленточного фундамента. Для вспомогательного поперечного армирования (изготовления хомутов) также может использоваться стержневая горячекатаная гладкая арматура класса А-I (А240), А-II, проволока (гладкая арматура) класса Вр-I.

Продольные рабочие стержни арматуры ленточного фундамента воспринимают совместно с бетоном основные нагрузки растяжения и сжатия, действующие вдоль продольной оси фундамента.

Кроме продольных стержней при армировании лент фундамента может устанавливаться поперечная арматура из расчета на восприятие нагрузок, действующих вдоль поперечной оси фундамента. Также поперечная арматура служит для ограничения развития трещин в бетоне, для удержания продольных стержней в проектном положении, и для закрепления от их бокового выпучивания при воздействии нагрузок [пункт 5.18 СП 52-101-2003]. Поперечная арматура устанавливается у всех поверхностей фундамента, вблизи которых устанавливается продольная арматура. Закрепление поперечной арматуры производят путем ее загиба и охвата продольной рабочей арматуры.

В лентах фундамента высотой сечения более **15 см** следует устанавливать и вертикальную поперечную арматуру (хомуты). [Пункт 3.105 Руководства по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения, Москва, 1978]. В железобетонных элементах, содержащих продольную арматуру, работающую на сжатие, следует устанавливать поперечную арматуру с шагом не более **пятнадцати диаметров** сжатой продольной арматуры и не более **50 см**, а конструкция поперечной арматуры должна обеспечивать отсутствие выпучивания продольной арматуры в любом направлении [пункт 7.3.8 СНиП 52-01-2003].

Стоп-халтура! Некоторые рабочие - строители считают, что в качестве рабочей арматуры можно использовать любой металл любой конфигурации: трубы, алюминиевые изделия, плоские листы, отходы от промышленной вырубки деталей, сетку рабицу, проволоку и т.п. Все эти материалы не обладают требуемыми характеристиками, чтобы адекватно воспринять нагрузки на сжатие или растяжение, и не предохраняют бетон от деформаций и образования трещин. Армирование рельсами также не рекомендуется из-за низкого сцепления бетона с гладкой поверхностью металла. Включение в состав бетона алюминия [пункт 6.3.2 ACI 318-08] приводит к химическим реакциям, разрушающим бетон.

Также в фундаменте может использоваться конструктивная арматура, устанавливаемая для восприятия непредусмотренных усилий, таких как усилия от усадки бетона или температурных деформаций. В частности, в разделе 3 пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва, 2007) для фундаментных лент высотой сечения более **70 см** рекомендуется установка дополнительной продольной конструктивной арматуры на каждые **40 см** высоты ленты. По возможности арматуру следует монтировать укрупненными или пространственными заранее изготовленными элементами, по возможности сокращая объем применения отдельных стержней [пункт 4.3 ВСН 37-96] .

Минимальное содержание арматуры в ленточном фундаменте

Пункт 7.3.5 СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции» определяет минимальное относительное содержание рабочей продольной арматуры в железобетонном элементе не менее **0,1 %** от площади рабочего сечения этого бетонного элемента.

Таблица № 43 Суммарная площадь сечения стержней арматуры в зависимости от ее диаметра и количества стержней. *

Диаметр арматуры, мм	Расчетная площадь поперечного стержня, мм ² , при числе стержней									Теоретическая масса 1м длины арматуры, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28,3	57	85	113	141	170	198	226	254	0,222
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	453	0,395
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617
12	113,1	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888
14	153,9	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2513	2828	2,466
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984
25	490,9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,84
28	615,8	1232	1847	2463	3079	3685	4310	4926	5542	4,83
32	804,3	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6,31

* Таблица адаптирована с упрощениями из Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного натяжения арматуры к СП 52-101-2003 (Москва, 2005). Приложение №1.

То есть для ленточного фундамента высотой **1 метр (1000 мм)** и шириной **50 см (500 мм)** минимальная площадь сечения продольной арматуры должна составить **500 мм²** .

При армировании ленточных фундаментов, служащих опорой под колонны (например, при строительстве монолитного железобетонного каркаса здания) площадь сечения продольной арматуры для ребра Т-образного ленточного фундамента предусматривают с процентом армирования **0,2-0,4 %** в каждом ряду. [Раздел 1, Приложение 1 к пособию по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий», Москва, 2007]

Номер (номинальный диаметр) стержней арматуры и их количество в сечении обычной прямоугольной фундаментной ленты можно определить по таблице №43:

Пример расчета требуемого сечения арматуры для ленточного фундамента:

Мы собираемся армировать типичный ленточный фундамент для газобетонного мансардного дачного дома с расчетной линейной нагрузкой на фундамент (по британской методике) **30 кН/м**. Высота ленточного фундамента **90 см** (**45 см** подземная часть и **45 см** надземная часть). На плотной слежавшейся супеси рекомендуемая ширина фундамента – **60 см**.

Определяем площадь сечения фундамента $900 \text{ мм} \times 600 \text{ мм} = 540\,000 \text{ мм}^2$. Минимальное достаточное сечение всех стержней арматуры в фундаменте с таким сечением составляет **0,1%** от площади сечения: $540\,000 / 100 \times 0,1 = 540 \text{ мм}^2$

Ищем в таблице № 33 ближайшее значение площади сечения арматуры в колонках с **4-мя** или с **6-ю** стержнями арматуры. Определяем, что ближайшее значение площади сечения в сторону увеличения соответствует площади **4-х** стержней арматуры диаметром **14 мм**, либо площади **6** стержней арматуры диаметром **12 мм**.

Поскольку ширина ленточного фундамента у нас 600 мм, максимальная величина защитного слоя бетона – по **50 мм** (**40 мм** оптимально) с каждой стороны, то расстояние при армировании ленты **4-мя** прутами получается условно **500 мм**. Однако такое расстояние противоречит требованиям СП 52-101-2003, где определяется максимальное расстояние между стержнями продольной арматуры в одном ряду как **400 мм**.

Следовательно, мы должны выбрать армирование **6-ю** стержнями. В нашем случае подойдет армирование **6-ю** стержнями (**3** в нижнем ряду и **3** в верхнем ряду) арматуры диаметром **12 мм**. Можно использовать и **6** стержней арматуры **14 мм**, но в этом нет расчетной необходимости. Поперечная арматура должна быть диаметром не менее $\frac{1}{4}$ диаметра арматуры и при этом не менее **6 мм**: $12 \text{ мм} / 4 = 3 < 6 \text{ мм}$, поэтому используем арматуру диаметром не менее **6 мм**. (Оптимально **8 мм**).

Минимальный номинальный диаметр арматуры в ленточном фундаменте.

Часто у самостройщика возникает вопрос: допустимо ли использовать для продольных стержней арматуры стержни диаметром **8 мм** или **10 мм** или менее, если их общая площадь сечения составляет минимально требуемое содержание в **0,1%** от площади сечения ленты фундамента?

К примеру, можно ли по таблице №33 взять для армирования ленты фундамента не **4** стержня арматуры диаметром **14 мм**, а **8** стержней диаметром **10 мм**? И какого диаметра должна быть поперечная арматура (хомуты)?

Минимальный диаметр арматуры определен в целом ряде нормативных документов. Для удобства мы свели их требования в нижеследующую таблицу:

Таблица № 44 Минимально допустимые номинальные диаметры продольной и поперечной арматуры при армировании фундамента.

Условия использования арматуры	Минимальный диаметр стержней арматуры	Нормативный документ
Продольная рабочая арматура вдоль стороны 3 метра или менее	10 мм	Приложение №1 к пособию по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва, 2007)
Продольная рабочая арматура вдоль стороны более 3-х метров	12 мм	Приложение №1 к пособию по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва, 2007)
Конструктивная арматура	Сечение равно 0,1 % от площади сечения по высоте промежутка между слоями арматуры и половине ширины ленты	Пункт 3.104 Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). (Москва, Стройиздат, 1978)
Поперечная арматура (хомуты) внецентренно сжатых элементов	Не менее ¼ наибольшего диаметра продольной арматуры и не менее 6 мм	Пункт 8.3.10 СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
Поперечная арматура (хомуты) вязаных изгибаемых каркасов	не менее 6 мм	Пункт 8.3.10 СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
Поперечная арматура (хомуты) вязаных каркасов высотой сечения 80 см и менее	6 мм	Пункт 3.106 Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). (Москва, Стройиздат, 1978)
Поперечная арматура (хомуты) вязаных каркасов высотой сечения более 80 см	8 мм	Пункт 3.106 Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения). (Москва, Стройиздат, 1978)

Продольную рабочую арматуру рекомендуется назначать из **стержней одинакового диаметра**. Если же применяются стержни разных диаметров, то стержни большего диаметра следует размещать внизу ленты фундамента, в углах сечения ленты фундамента и в местах перегиба хомутов через рабочую арматуру. Стержни продольной рабочей арматуры должны размещаться равномерно по ширине сечения ленты фундамента.

При этом размещение стержней арматуры верхнего ряда над просветами между арматурой нижнего ряда запрещается [пункт 3.94 Руководства по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения, Москва, 1978]. При этом как в сварных, так и в вязаных каркасах **диаметр продольных стержней** должен быть **не менее диаметра поперечных стержней** арматуры.

Максимальный номинальный диаметр продольной рабочей арматуры

Диаметр продольных стержней **сжатых элементов** (верхний ряд арматуры) не должен превышать для тяжелого бетона **40 мм** [раздел 4, таблица 9 пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий», Москва, 2007].

Минимальное количество стержней продольной арматуры в одном ряду

В балках и ребрах шириной **более 15 см** число продольных рабочих растянутых стержней в поперечном сечении должно быть **не менее двух**. При ширине элемента **15 см и менее** допускается устанавливать в поперечном сечении **один** продольный стержень [пункт 8.3.7 СП 52-101-2003]. При этом устройство ленточных фундаментов шириной менее **15 см** не допускается [пункт 3.2.5.2 BS 8004:1986].

Максимальное количество стержней продольной арматуры в одном ряду и минимальное расстояние между стержнями арматуры

Максимальное количество стержней в одном ряду в поперечном сечении монолитной бетонной балки определяется минимальным расстоянием в свету между отдельными стержнями продольной арматуры. Это минимальное расстояние определено необходимостью свободного протекания бетонной смеси в тело ленты между стержнями арматуры фундамента при заливке бетона, возможностью его уплотнения и хорошей связи бетона с арматурой для совместной работы под нагрузкой.

Минимальные расстояния между стержнями продольной арматуры определены в пункте 7.3.4 СНиП 52-01-2003 “Бетонные и железобетонные конструкции” и прокомментированы в пункте 5.9 пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного натяжения арматуры (к СП 52-101-2003).

Минимальное расстояние между стержнями продольной арматуры не может быть **меньше наибольшего диаметра стержней арматуры** и не менее **25 мм** для нижнего ряда арматуры и **30 мм** - для арматуры верхнего ряда при двух рядах армирования. При трех рядах армирования расстояние между стержнями арматуры в верхнем ряду должно составить не менее **50 мм**. При большом насыщении арматурой должны быть предусмотрены отдельные места с расстоянием между стержнями арматуры в **60 мм** для прохождения между арматурными стержнями наконечников глубинных вибраторов, уплотняющих бетонную смесь. Расстояния между такими местами должны быть не более **500 мм**.

Например, для ленты фундамента шириной **300 мм** с двумя рядами арматуры (верхним и нижним) максимальное количество стержней арматуры диаметром **16 мм** может составить не больше **6** стержней в верхнем ряду с интервалом **30 мм** и **7** стержней в нижнем ряду с интервалом **25 мм**. При этом в верхнем ряду должен быть исключен один стержень для обеспечения промежутка в **60 мм** для прохождения наконечника глубинного вибратора.

Максимальное расстояние между стержнями арматуры

Расстояние между стержнями продольной рабочей арматуры принимается с учетом типа железобетонного элемента (колонна, балка, плита, стена), ширины и высоты сечения элемента.

Таблица № 45 Максимально допустимые расстояния между стержнями арматуры.*

Условия использования арматуры	Наибольшие расстояния между стержнями продольной арматуры	Примечания
Железобетонные балки и плиты высотой поперечного сечения 15 см и менее	20 см	
Железобетонные балки и плиты высотой поперечного сечения более 15 см	1,5 высоты сечения, но не более 40 см	Применяется меньшее из двух значений
Железобетонные колонны в направлении перпендикулярном плоскости изгиба	40 см	
Железобетонные колонны в направлении плоскости изгиба	50 см	
Железобетонные стены: вертикальная арматура	Не более 2-х значений толщины стены и не более 40 см	Применяется меньшее из двух значений
Железобетонные стены: горизонтальная арматура	Не более 40 см	

* Таблица приведена по данным пункта 8.3.6 СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.

Таблица № 46 Максимальный шаг установки между стержнями поперечной арматуры.*

Условия использования арматуры	Шаг установки поперечной арматуры (хомутов)	Примечания
Железобетонные элементы, в которых поперечная сила по расчету не может быть воспринята только бетоном	Шаг не более половины высоты сечения и не более 30 см	Применяется меньшее из двух значений
Балки высотой менее 15 см, где поперечная сила воспринимается только бетоном	Поперечное армирование не требуется	
Балки высотой более 15 см, где поперечная сила воспринимается только бетоном (лента ростверка, лента МЗЛФ)	Шаг не более $\frac{3}{4}$ высоты сечения и не более 50 см	
Во внецентренно сжатых линейных элементах, а также в изгибаемых элементах при наличии необходимой по расчету сжатой продольной арматуры	Не более 15 диаметров сжатой продольной арматуры и не более 50 см	Поперечная арматура устанавливается с целью предотвращения выпучивания продольной арматуры. Применяется меньшее из двух значений.
То же при площади сечения сжатой продольной арматуры, устанавливаемой у одной из граней элемента	Не более 10 диаметров сжатой продольной арматуры и не более 30 см	Применяется меньшее из двух значений.

* Таблица приведена по данным пункта 8.3.11-8.3.13 СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.

При этом максимальное расстояние между стержнями должно быть не более величины, обеспечивающей эффективное вовлечение в работу бетона, равномерное распределение напряжений и деформаций по ширине сечения элемента, а также ограничение возможности появления трещин в

бетоне между стержнями арматуры. При этом расстояние между стержнями продольной рабочей арматуры следует принимать **не более двукратной высоты сечения** элемента и не более **400 мм** [пункт 7.3.6 СНиП 52-01-2003].

Конструкция хомутов (поперечных стержней) во внецентренно сжатых линейных элементах должна быть такой, чтобы продольные стержни (по крайней мере через один) располагались в местах перегибов, а эти перегибы - на расстоянии не более **40 см** по ширине грани. При ширине грани не более **40 см** и числе продольных стержней у этой грани не более 4 допускается охват всех продольных стержней одним хомутом.

Закладываемые проходные элементы через фундаментную ленту

Размер любого проходного элемента через бетон не может быть больше **1/3 ширины** фундаментной ленты. Минимальный диаметр проходного элемента – **5 см**. Проходные элементы не могут быть расположены ближе друг к другу, чем через промежуток равный **3** своим **диаметрам** [раздел 6.3 ACI 318-08].

Требования к поверхности арматуры

Арматуру следует монтировать укрупненными или пространственными заранее изготовленными элементами, по возможности сокращая объем применения отдельных стержней. С бетонной подготовки (подушки) в местах установки арматуры должны быть удалены мусор, грязь, снег и лед. Стержни арматуры должны быть обезжирены, очищены от любого неметаллического покрытия, краски, грязи, льда и снега, отслаивающегося налета ржавчины. Удаляется отслаивающаяся ржавчина с помощью металлической щетки.

Разрешается наличие эпоксидного покрытия на арматуре. [Пункт 7.4.1 ACI 318-08]. (Эпоксидное покрытие значительно снижает сцепление с бетоном, но снижает коррозию арматуры). Допускается наличие неотслаивающейся ржавчины на стержнях арматуры используемых без предварительного напряжения [Пункт 7.4.2 ACI 318-08].

Не-халтура! Привычка многих строителей поливать водой арматуру за несколько дней перед укладкой, чтобы она заржавела, и к ней сильнее прилипал бетон, **не является халтурой**. В официальных комментариях к нормам ACI-318-08 в пункте R7.4 указано: **Обычная поверхностная неотслаивающаяся ржавчина усиливает силу сцепления арматуры с бетоном**. Ржавая поверхность лучше склеивается с цементным гелем в составе бетона. Но отслаивающуюся ржавчину требуется удалить.

Арматура периодического профиля имеет в **2-3 раза** большее сопротивление выдергиванию, чем гладкая арматура. А арматура с гладкой полированной поверхностью держится в бетоне еще в **5 раз** слабее.

Толщина бетонного защитного слоя арматуры

Защитный слой бетона, то есть расстояние от поверхности арматуры до соответствующей грани фундаментной ленты, предназначен для обеспечения совместной работы арматуры с бетоном, для

закрепления (анкеровки) арматуры в бетоне и возможности устройства соединения арматуры. Также защитный слой бетона предохраняет арматуру от воздействия факторов окружающей среды конструкций, в том числе и от огня. Толщина защитного слоя бетона зависит от типа конструкции и роли арматуры в ней (продольная – поперечная, рабочая – конструктивная), ее диаметра и условий окружающей среды.

Таблица №47. Толщина защитного бетонного слоя арматуры.

Условия использования арматуры	Толщина защитного слоя	Нормативный документ
Продольная рабочая арматура фундаментных балок и сборных фундаментов	30 мм	Пункт 12.8.5. СП 50-101-2004
Продольная рабочая арматура монолитных фундаментов при наличии бетонной подготовки	35 мм	Пункт 12.8.5. СП 50-101-2004
Продольная рабочая арматура монолитных фундаментов при отсутствии бетонной подготовки	70 мм	Пункт 12.8.5. СП 50-101-2004
В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	Не менее 20 мм	Таблица 8.1 СП 52-101-2003
В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	Не менее 25 мм	Таблица 8.1 СП 52-101-2003
На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	Не менее 30 мм	Таблица 8.1 СП 52-101-2003
В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки	Не менее 40 мм	Таблица 8.1 СП 52-101-2003
Арматура в бетоне, постоянно контактирующем с землей	76 мм	Пункт 7.7.1 АСІ 318-08
Арматура d18-d40 в бетоне, подверженному воздействию земли и погодных факторов	52 мм	Пункт 7.7.1 АСІ 318-08
Арматура d10-d18 в бетоне, подверженному воздействию земли и погодных факторов	1,2 -2,5 мм	Пункт 7.7.1 АСІ 318-08
Арматура в бетоне, не подверженному воздействию земли и погодных факторов	1,2 -2,5 мм	Пункт 7.7.1 АСІ 318-08

Для продольной рабочей арматуры толщина защитного слоя должна быть, как правило, **не менее диаметра стержня** и не менее: **30 мм** - для фундаментных балок и сборных фундаментов; **35 мм** - для монолитных фундаментов при наличии бетонной подготовки; **70 мм** - для монолитных фундаментов при отсутствии бетонной подготовки. При использовании бетонной подготовки (или на скальном грунте) – толщина бетонного защитного слоя снижается в отечественных нормах до **40 мм**, а в американских до **25мм**. Для сборных элементов минимальные значения толщины защитного слоя бетона рабочей арматуры уменьшают на **5 мм**. Для конструктивной арматуры минимальные значения толщины защитного слоя бетона принимают на **5 мм** меньше по сравнению с требуемыми для рабочей арматуры.

Во всех случаях толщину защитного слоя бетона следует также принимать **не менее диаметра стержня**

арматуры. В защитном слое толщиной свыше **50 мм** следует устанавливать конструктивную арматуру в виде сеток.

По требованиям ACI 318-05 защитный слой бетона на уличную сторону для арматуры до **20 мм** составляет **25 - 40 мм**. Для диаметра арматуры толще **20 мм - 50 мм**. Защитный слой для арматуры диаметром до **40 мм** на стороне не подверженной действию природных факторов составляет **20 мм**. По отечественным нормам защитный слой бетона с обеих сторон составляет **40 мм**. Требуемую проектом величину защитного слоя нижней арматуры и проектное положение арматуры в процессе бетонирования можно установить с помощью одноразовых пластиковых фиксаторов, подкладок из бетона и путем конструирования арматурного каркаса таким образом, чтобы некоторые стержни упирались в опалубку, фиксируя положение каркаса. Нижний защитный слой можно установить, закладывая под нижние стержни арматуры заранее изготовленные бетонные прокладки (сухари) размером **100×100 мм** и толщиной, равной требуемой толщине защитного слоя. Применение прокладок из обрезков арматуры, деревянных брусков и щебня запрещается. Также для задания толщины защитного можно использовать пластиковые фиксаторы - спейсеры требуемого стандартного размера. Фиксаторы для арматуры выпускаются в размерах от **15 до 50 мм** с шагом размера **5 мм**.

Толщина защитного слоя для поперечной арматуры

Минимальный защитный слой бетона для поперечной арматуры бетонных элементов сечением меньше **25 см** составляет **1 см**, а для элементов сечением более **25 см** – **1,5 см** [Таблица 5.19, Голышев, 1990].

Таблица №48. Максимально допустимые отклонения бетонного защитного слоя.

Показатель	Максимально допустимые отклонения	Нормативный документ
Толщина бетонного защитного слоя при его толщине 15 мм и менее	3 мм	Пункт 4.6 ВСН 37-96*
Толщина бетонного защитного слоя при его толщине более 15 мм	5 мм	Пункт 4.6 ВСН 37-96
Смещение арматурного стержня при установке и в арматурном каркасе	0,25 диаметра арматурного стержня, но не более 0,2 диаметра наибольшего стержня	Пункт 4.6 ВСН 37-96
Толщина бетонного защитного слоя при его толщине до 200 мм	9 мм	Пункт 7.5.2.1 ACI 318-08
Продольное положение окончания или изгиба стержня арматуры	50 мм	Пункт 7.5.2.2 ACI 318-08

* *ВСН 37-96 Указания по устройству фундаментов на естественном основании при строительстве жилых домов повышенной этажности.*

Отклонения от толщины защитного слоя по проекту не должны превышать **4 - 8 мм** в сторону увеличения защитного слоя и **3 - 5 мм** в сторону его уменьшения в зависимости от диаметра арматуры и сечения бетонной конструкции [пункт 2.104 СНиП 3.03.01-87].

Соединение арматуры без предварительного напряжения

Идеальным армированием фундамента является армирование сплошным безразрывным контуром арматуры. Требование к наличию как минимум двух сплошных контуров армирования (или $1/6$ всех контуров, но не менее $2-x$) в нижнем ряду арматуры (испытывающим нагрузки на растяжение) балок (фундаментов) внешнего контура монолитной конструкции здания предъявляется в пункте 7.13.2.2 раздела ACI 318-05 “Структурная целостность”. Такое безразрывное соединение арматуры может быть получено с помощью дуговой сварки или с использованием соединения винтовыми муфтами.

В практическом дачном строительстве выполнить данное требование возможно, лишь приобретя арматуру свариваемого класса А400С или А500С. Арматура сваривается электродами диаметром $4-5$ мм. Налест стержней при сварке арматуры класса А500С составляет 10 диаметров свариваемой арматуры [пункт 6.4.4 пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва 2009)]. Сварные соединения арматуры выполняются в соответствии с ГОСТ 14098 и ГОСТ 10922.

То есть, чтобы правильно сварить два стержня арматуры диаметром 14 мм, налест стержней нужно задать как 140 мм. Также при необходимости фиксированной прочности стыка стержней арматуры их можно соединять обжимными гильзами или винтовыми муфтами. При использовании для стыков арматуры муфт на резьбе, несущая способность муфтового соединения должна быть такой же, что и стыкуемых стержней (соответственно при растяжении или сжатии). При использовании муфт на резьбе должна быть обеспечена требуемая затяжка муфт для ликвидации люфта в резьбе.

Таблица №49. Рекомендуемые величины длины сварного шва при сварке арматуры*

Класс арматуры	Длина сварного шва в диаметрах свариваемой арматуры
A240	6d
A300	8d
A400	8d
A500C	10d
B500C	10d

* Рекомендованные величины по данным компании поставщика металлоизделий ОАО «Инпром» и Ростовского государственного строительного университета (Ростов-на-Дону, 2010).

Обычную арматуру класса А400 А-III (самый распространенный класс арматуры в России) сваривать недопустимо. Как поступить в этом случае для обеспечения передачи расчетных усилий от одного стержня арматуры, работающего на растяжение, к другому? Для этого существуют специальные способы соединения арматуры без сварки: с помощью стандартных крюков или лапок (видов сгиба концов стержней арматуры). Об этих и других способах соединения арматуры без сварки мы и поговорим ниже.

Стоп-халтура! При использовании обычной несвариваемой арматуры без обозначения литерой марки арматуры «С» (А400С) сваривать арматуру недопустимо. Обычная несвариваемая арматура А400 сильно теряет в прочности при нагревании. Нормы американского института бетона ACI 318-05 (Пункт 7.5.4) запрещают сваривать перекрестия любой арматуры, так как возможны разрывы стержней под нагрузкой. Отечественные ведомственные строительные нормы ВСН 37-96 разрешают дуговую электросварку перекрестий арматуры, только начиная с номинального диаметра 25 мм.

Соединение арматуры без сварки

Нахлест стержней арматуры должен быть осуществлен на длину, обеспечивающую передачу расчетных усилий от одного стыкуемого стержня к другому. Стыки (соединения) рабочей арматуры соединяемых в рабочем направлении без сварки внахлест должны иметь длину перепуска (нахлеста) не менее величины, требуемой СНиП 52-01-2003, о чем мы и поговорим ниже.

Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры к СП 52-101-2003 [пункт 5.37] определяет следующие возможные варианты соединений стержней арматуры периодического профиля внахлестку без сварки рабочих стержней:

- с прямыми концами стержней периодического профиля;
- с прямыми концами стержней с приваркой или установкой на длине нахлестки поперечных стержней;
- с загибами на концах (крюки, лапки, петли);

Такие виды соединения арматуры можно использовать для арматуры номинальным диаметром до 40 мм. Для гладкой арматуры, работающей на растяжение, (применение которой для основного армирования фундаментов не рекомендовано) возможные варианты это крюки, петли, приваренные поперечные стержни или специальные анкерные устройства.

Соединение арматуры нахлестом (прямая анкеровка)

Соединение арматуры нахлестом – самый распространенный вариант в дачном строительстве из-за своей очевидной простоты исполнения. Однако есть целый ряд требований, которые необходимо выполнить, чтобы обеспечить правильную работу соединяемой арматуры. Соединение арматуры нахлестом допустимо по разным данным для арматуры диаметром до **36 мм** [пункт 12.14.21.1 ACI 318-05] или **40 мм** [пункт 8.3.27 СП 52-101-2003]. Это ограничение связано с отсутствием экспериментальных данных по соединениям нахлестом для арматуры больших диаметров. Соединение арматуры не должно размещаться в местах концентрированного приложения нагрузки и местах наибольшего напряжения. Соединение арматуры нахлестом может производиться со связкой стержней вязальной проволокой или без нее. С точки зрения экономии (перерасход арматуры на нахлесты до **27%**), и безопасности здания (ограничение объема бетона в месте стыков), арматуру диаметром свыше **25 мм** рекомендуется соединять механическим способом (винтовые муфты или опрессованные соединения).

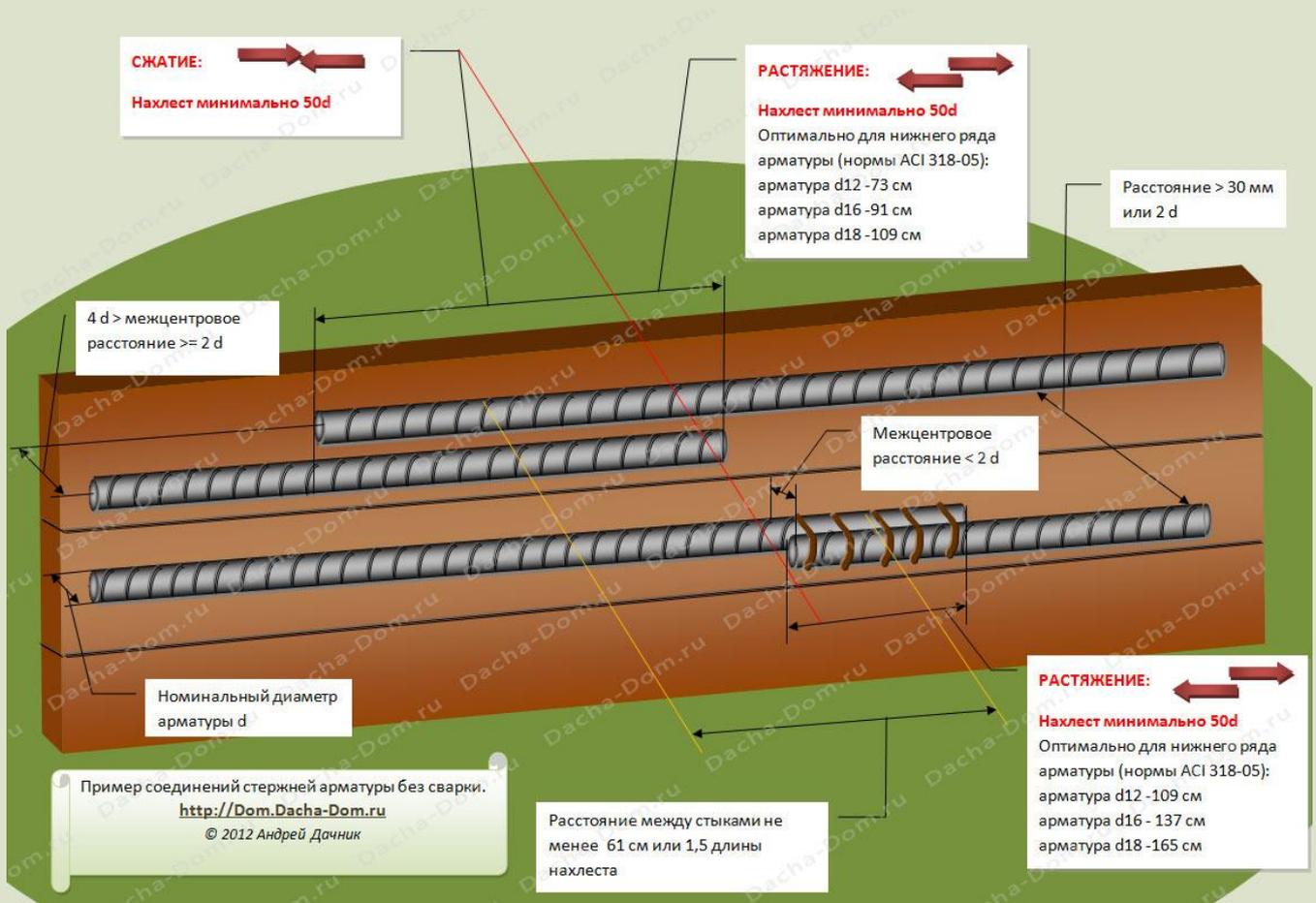
В случае свободного соединения с нахлестом расстояние между стыкуемыми нахлестом стержнями арматуры по вертикали и горизонтали должно быть не менее **25 мм** или **1 диаметр** арматуры, если диаметр арматуры больше **25 мм** для обеспечения свободного проникновения бетона. Максимальное расстояние по ширине ленты фундамента между стыкуемыми свободным нахлестом стержнями должно быть не более **8 диаметров** стержней арматуры [пункт R611.7.1.4 IBC 2003].

Если стержни соединяются со связью проволокой, расстояние между ними обусловлено лишь высотой выступов периодического профиля и может приниматься **равным нулю**.

В то же время, максимальное расстояние между стыкуемыми стержнями арматуры не должно превышать **4-х диаметров** стержней арматуры [раздел 6.1 пособия по проектированию «Армирование

элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва 2009)]. Расстояние между соседними парами стыков стержней арматуры внахлестку (по ширине железобетонного элемента) должно быть не менее **2-х диаметров** стержней арматуры, но не менее **30 мм**.

Схема №23. Соединение стержней арматуры внахлест без сварки



Соседние соединения арматуры по длине должны быть разнесены в разбежку так, чтобы в одном сечении одновременно соединялось не более **50%** арматуры. В качестве одного расчетного сечения элемента, рассматриваемого для определения относительного количества стыкуемой арматуры в одном сечении, принимают участок вдоль стыкуемой арматуры длиной **130%** длины нахлеста стержней. Считается, что стыки арматуры расположены в одном расчетном сечении, если центры этих стыков находятся в пределах этого участка [раздел 6.1 пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва 2009)]. По нормам ACI 318-05 минимальное расстояние между стыками арматуры по длине составляет **61 см**.

В нормативах ACI 318-05 рекомендуется делать свободные (не связанные) соединения стержней арматуры в предварительно не напряженных конструкциях. Это объясняется тем, что при свободном соединении бетон охватывает все стороны каждого арматурного стержня и фиксирует стержень арматуры надежнее, чем при обхвате неполной окружности стержня при связке его проволокой с соседним стержнем. Длина нахлеста стержней арматуры в любом случае должна быть не менее не менее **20 диаметров** стыкуемой арматуры и при этом и не менее **25 см** [пункт 5.38 Пособия к СП 52-101-2003] Не более половины всех стержней в одном расчетном сечении элемента фундаментной ленты

могут иметь соединения. Стыкование отдельных стержней арматуры и сварных сеток без разбежки допускается при использовании арматуры для конструктивного (нерабочего) армирования.

Длина нахлеста стержней арматуры при соединении (анкеровке) определяется из условий, по которым усилие, действующее в арматуре, должно быть воспринято силами сцепления арматуры с бетоном, действующими по длине анкеровки, и силами сопротивления соединения стержней арматуры.

Нормы ACI 318-05 для арматуры, работающей как на растяжение (нижний ряд армирования в ленточном фундаменте), так и на сжатие (верхний ряд арматуры) предусматривают нахлест стержней не менее **30 см** [пункты 12.15.1 и 12.16.1]. В Международных строительных нормах [пункт R611.7.1.4 IBC/IRC 2003] минимальная длина нахлеста стержней определяется как **40 диаметров** стержней соединяемой арматуры. В справочном пособии «Нормативные требования к качеству строительных и монтажных работ» (СПб, 2002) в разделе 3.2 для арматуры А400 минимальный нахлест определен в **50 диаметров** стержня арматуры. Величина нахлеста зависит и от класса (марки бетона: если для бетона класса В15 (М200) минимальный нахлест составляет **50d** (диаметров арматуры), то при использовании бетона класса В20 (М250), нахлест можно уменьшить до **40d**. Для бетона класса В25 (М300) минимальный нахлест равен **35d**. Для арматуры А-I и А-II минимальный нахлест равен **40d**. Всегда в расчетах принимается наименьший из диаметров стержней соединяемой арматуры.

Однако рекомендуемые расчетные значения нахлеста исходя из диаметра арматуры, класса бетона и других условий, могут оказаться значительно больше, чем минимально допустимые (в 2-3 и более раз). Более точные значения величин нахлеста стержней арматуры при прямых свободных и связанных соединениях без сварки можно посмотреть в следующих таблицах:

Таблица №50. Рекомендуемые величины нахлеста для соединяемых стержней арматуры работающих на сжатие на основе требований разделов 12.3 и 12.16 ACI 318-05

Номинальный диаметр арматуры, мм	Длина нахлеста арматуры, см
10	30
13** (12)	38
16	48
19** (18)	58
22	68
25	76
29**(28)	86
32	96
36	109

*Расчеты выполнены компанией-поставщиком металлоизделий для промышленного строительства Dayton Superior (США).

**Расчеты приведены для диаметров арматуры, принятых в США («имперские» размеры).

Например, для арматуры диаметром **12 мм** расчетное значение длины нахлеста при максимальной нагрузке ряда на растяжение по нормам ACI 318-05 составляет **73 см** при свободном соединении и **109 см** при связанном соединении.

Таблица №51. Рекомендуемые минимальные величины нахлеста (анкеровки) для соединяемых стрежней арматуры работающих на сжатие, для различных марок бетона

Диаметр арматуры класса А400, мм	Класс бетона по прочности			
	B20	B25	B30	B35
	Ближайшая марка бетона			
	M250	M350	M400	M450
Длина нахлеста стрежней, см				
6	21,5	20	20	20
8	28,5	24,5	22,5	20
10	35,5	30,5	28	25
12	43	36,5	33,5	29,5
14	50	43	39	34,5
16	57	49	44,5	39,5
18	64	55	50	44,5
20	71	61	56	49,5
22	78,5	67	56	54,5
25	89	76,5	69,5	61,5
28	99,5	85,5	78	69
32	114	97,5	89	79
36	142	122	115,5	98,5
40	158	135,5	123,5	109,5

*Расчеты выполнены специалистами компании поставщика металлоизделий ОАО «Инпром» и Ростовского государственного строительного университета (Ростов-на-Дону, 2010) на основании требований пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва, 2009).

Таблица №52 Рекомендуемые величины нахлеста для прямых соединений стрежней арматуры работающих на растяжение на основе требований разделов 12.2.2.2 и 12.15 ACI 318-05

Номинальный диаметр арматуры	Ряд арматуры с максимальной нагрузкой на растяжение		Другие ряды арматуры	
	Межцентровое расстояние = 2 диаметрам арматуры или более (свободное соединение)	Межцентровое расстояние меньше 2-х диаметров арматуры (связанное соединение)	Межцентровое расстояние = 2 диаметрам арматуры или более (свободное соединение)	Межцентровое расстояние меньше 2-х диаметров арматуры (связанное соединение)
Величина нахлеста арматуры, см				
10	56	81	43	63
13** (12)	73	109	56	84
16	91	137	71	104
19** (18)	109	165	84	127
22	160	238	122	182
25	182	271	140	208
29** (30)	205	307	157	236
32	231	345	177	266
36	256	383	198	294

*Расчеты выполнены компанией-поставщиком комплектующих для промышленного строительства Dayton Superior (США).

**Расчеты приведены для диаметров арматуры, принятых в США («имперские» размеры).

Таблица №53 Рекомендуемые минимальные величины нахлеста (анкеровки) для соединяемых стержней арматуры работающих на растяжение, для различных марок бетона

Диаметр арматуры класса А400, мм	Класс бетона по прочности			
	B20	B25	B30	B35
	Ближайшая марка бетона			
	M250	M350	M400	M450
Длина нахлеста стержней, см				
6	28,5	24,5	22,5	20
8	38	32,5	30	26,5
10	47,5	41	37	33
12	57	49	44,5	39,5
14	66,5	57	52	46
16	76	65	59,5	52,5
18	85,5	73	74,5	59
20	95	81,5	81,5	65,5
22	104,5	89,5	89,5	72,5
25	118,5	101,5	93	82
28	132,5	114	104	92
32	151,5	130	118,5	105
36	189,5	162,5	148,5	131,5
40	201,5	180,5	165	146

*Расчеты выполнены специалистами компании поставщика металлоизделий ОАО «Инпром» и Ростовского государственного строительного университета (Ростов-на-Дону, 2010) на основании требований пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва, 2009).

Соединения соседних стержней арматуры должны быть разнесены минимум на **40 диаметров** соединяемой арматуры или **1,5 длины нахлеста** стержней, но не менее **61 см**. В зоне стыковки нахлестом обязательно устанавливают дополнительную поперечную арматуру.

Крестообразные нахлесты стержней арматуры соединяются вязкой отоженной проволокой, пластиковыми фиксаторами [пункт 2.102 СНиП 3.03.01-87] или пластиковыми хомутами.

Соединение (анкеровка) арматуры с помощью стандартного крюка или лапки

Соединение арматуры с использованием стандартного крюка (загиб конца арматуры на угол **180°** – арматура класса А-II) или лапки (загиб конца арматуры на угол **90°** градусов – арматура класса А-III [таблица 5.2, Голышев, 1990]) применяют для соединения арматуры периодического профиля, работающей преимущественно на растяжение. Лапки и крюки не рекомендуется применять для анкеровки сжатой арматуры [пункт 8.3.19 СП 52-101-2003]. Максимальный угол изгиба не должен превышать **180°**. Загнутый элемент арматуры усиливает крепление стержня с бетоном.

Схема №24. Стандартный крюк и лапка для анкеровки арматуры, работающей на растяжение



Таблица №54 Рекомендуемые основные размеры стандартного крюка и лапки для соединения арматуры, работающей на растяжение*

Номинальный диаметр арматуры, мм	Диаметр оправки для сгиба АСІ 318-05, см	Диаметр оправки для сгиба, Пособие по проектированию**, см	Стандартный крюк 180°, АСІ 318-05	
			Длина свободного конца загиба, см	Лапка 90°, АСІ 318-05
			Длина загнутой части, см	
10	6,5	3	13	15
13*** (12)	7,6	5	15	20
16	9,5	8	18	25
19*** (18)	11,5	9	20	30
22	13	12	25	35
25	15	15	28	40
29*** (30)	24	17	38	48
32	27	-	43	55
36	30	-	48	60

*Расчеты выполнены компанией-поставщиком комплектующих для промышленного строительства Dayton Superior (США).

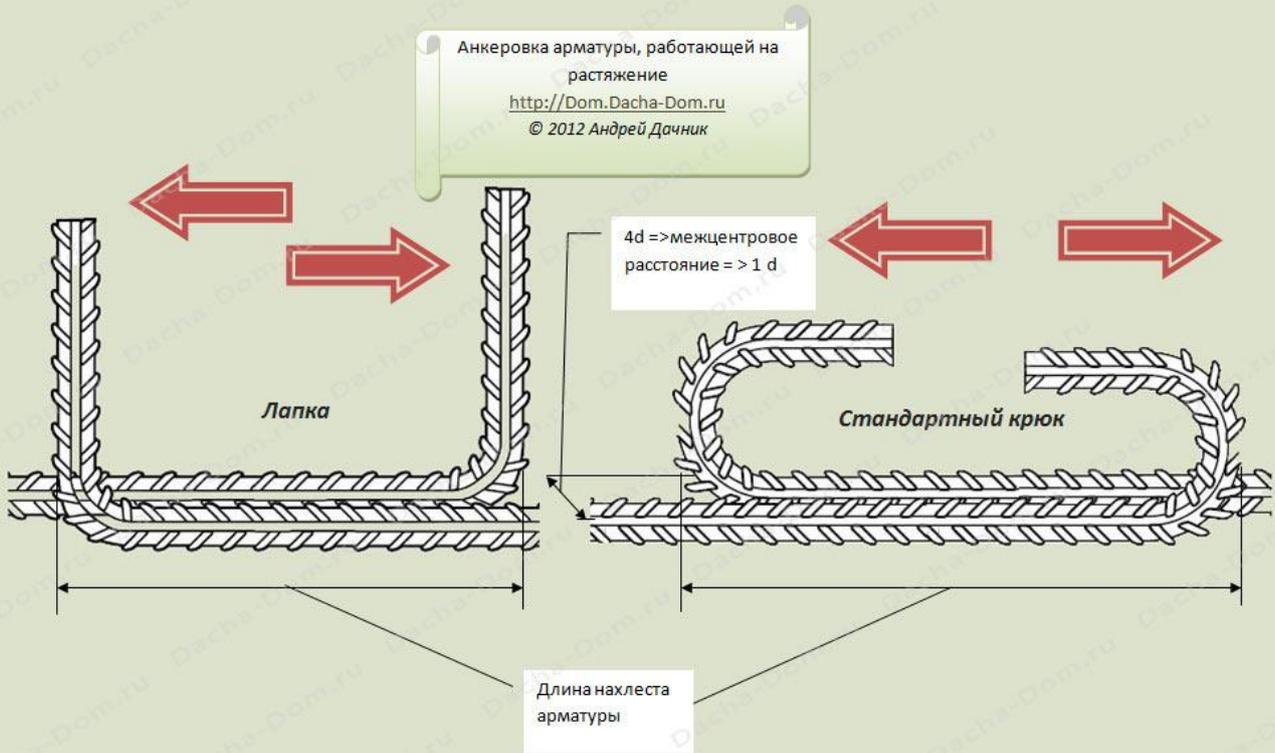
**Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. Пособие по проектированию, Москва, 2009

***Расчеты приведены для диаметров арматуры, принятых в США («имперские» размеры).

Для простоты запоминания длины загиба можно воспользоваться рекомендациями пункта R611.7.1.5 IRC-2003: Длина свободного конца арматуры после изгиба на 180° должна составить не менее **4 диаметров** арматуры, но не менее **64 мм**. А при загибе на 90° – не менее **12 диаметров** арматуры. В пособии Голышева длину свободного конца крюка определяют как **3 диаметра**, а полную длину отгиба как **6 ¼ диаметра** арматуры. Для лапки 90° длина отгиба **6 ¼ диаметра** арматуры из которых **1 ¼ диаметра** приходится на сам сгиб и **5 диаметров** на длину конца лапки [Рис. 5.2, А.Б. Голышев, 1990].

Величина нахлеста стержней арматуры с загнутыми элементами при анкеровке определяется как и величина нахлеста стержней арматуры без загнутых элементов. Анкеровка с помощью загнутых элементов подойдет для нижнего ряда арматуры ленточного фундамента, работающей на растяжение.

Схема №25. Стандартный крюк и лапка для анкерки арматуры, работающей на растяжение



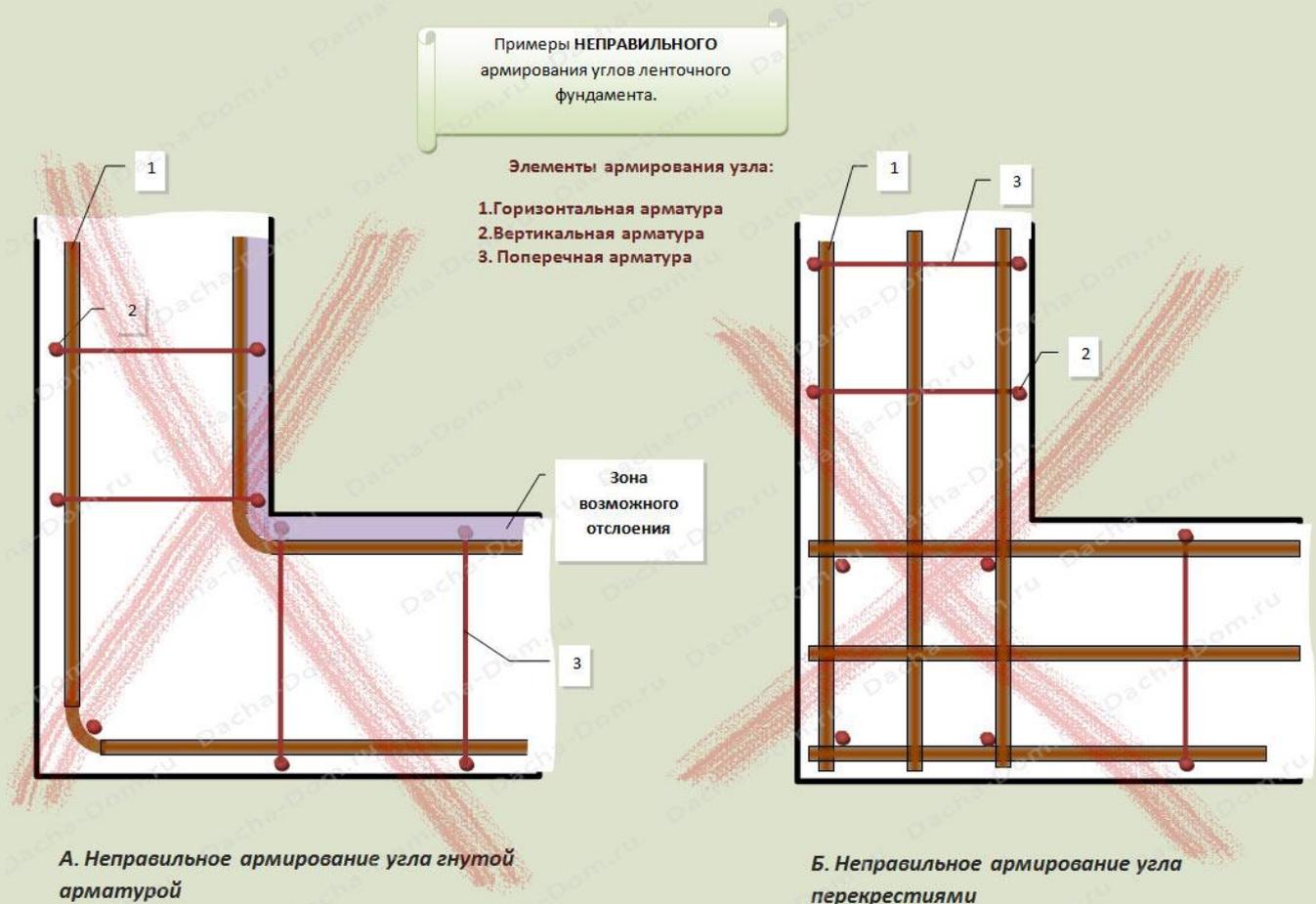
Приведенные выше размеры величины отгибов арматуры для анкерки не подходят для армирования углов и примыканий монолитного ленточного фундамента.

Армирование углов и примыканий ленты фундамента

Угол железобетонной конструкции – место концентрации напряжений. Разные слои железобетонной конструкции могут испытывать разнонаправленные напряжения сжатия и растяжения. При неправильном армировании, эти напряжения не будут восприниматься стальными стержнями арматуры. Если арматура в углу будет разрывной, то монолитный фундамент будет представлять собой не единую пространственную раму, а набор отдельных балок. В этом случае в углах фундамента возможно образование трещин, отколов и расслоений бетона.

Стоп-халтура! При армировании углов и примыканий монолитного ленточного фундамента рабочие-шабашники в большинстве случаев максимум ошибок в армировании именно углов и примыканий. В народной строительной мифологии родилась и прочно закрепилась недопустимая форма армирования углов и примыканий с помощью **простых перекрестий концов арматуры**, связанных вязальной проволокой. Такое исполнение «армирования» чревато отколом слоев фундамента по ширине и образованиями трещин у углов.

Схема №26. Стандартные ошибки при армировании углов ленточного фундамента.

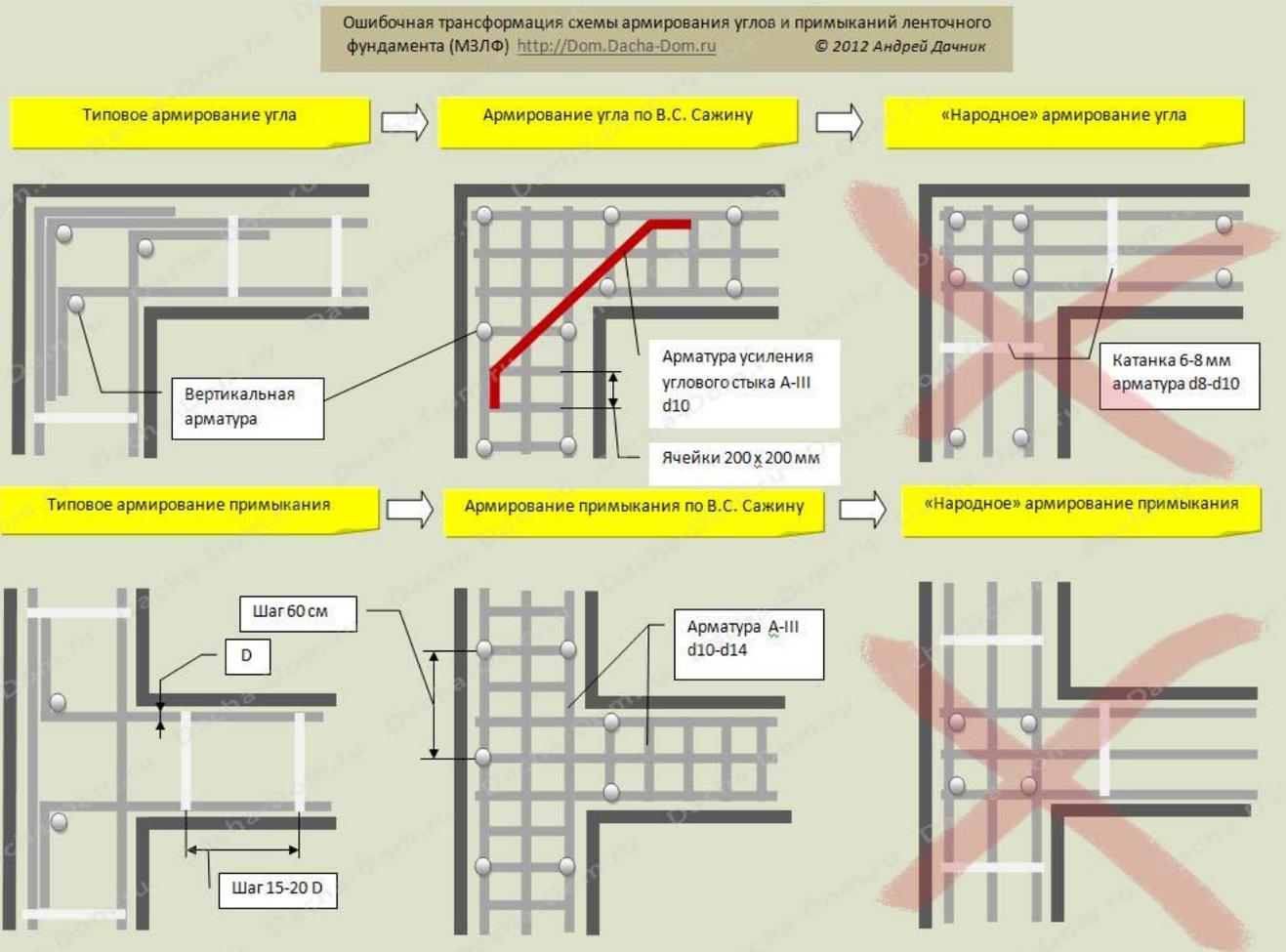


Чем же питается народное мифотворчество в области армирования углов и примыканий фундаментной ленты?

В популярной книге профессора В.С. Сажина “Не зарывайте фундаменты вглубь” (М.,2003) приведены схемы армирования углов фундамента сетками без связей и без анкерной стержневой арматуры в углах лент фундамента. Схемы из этой книги получили широкое распространение на просторах русскоязычного строительного пространства. Однако при воспроизведении данных схем на просторах народного строительства были утеряны два ключевых момента: схема профессора Сажина описывает армирование не отдельными стержнями продольной арматуры, а армирование арматурными сетками с размером ячейки **200 на 200 мм**.

На странице 38 его книги в разделе 5.2 «Армирование фундаментов» читаем: “Армирование фундаментов производится сетками, устанавливаемыми в верхних и нижних частях их сечений”. К тому же, в схеме узла армирования углового стыка “по Сажину” добавлен дополнительный элемент: диагональная арматура усиления углового стыка. Описанная в его книге технология не относится к армированию фундамента отдельными продольными стержнями.

Схема №27. Трансформация правильных схем армирования углов ленточного фундамента в неправильные



К сожалению, схема профессора Сажина прошла через «народные брожения» и превратилась в мифическую схему армирования угла отдельными стрежнями с помощью банальных перекрестий, связанных вязальной проволокой.

Повторяет народную ошибку и изобретатель технологии ТИСЭ Р.М. Яковлев в своей книге "Универсальный фундамент. Технология ТИСЭ" (Аделант, 2006). На странице 176 он пишет: *"В углах и T-образных соединениях ленты-ростверка прутки арматуры пересекаются без какого либо соединения между собой"*. Это утверждение не соответствует строительным нормам, если при армировании поставлена цель создать ростверк - монолитную железобетонную раму. При таком свободном пересечении арматуры в углах не будет происходить передачи нагрузки от стрежня к стержню арматуры. По сути армированный таким образом фундамент (лента или ростверк) превратится из монолитной рамы в набор из нескольких отдельных железобетонных балок.

Пункт 8.3.26 СП 52-101-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры" (Москва, 2004) определяет все известные способы соединения арматуры:

а) стыки внахлестку без сварки:

- с прямыми концами стержней периодического профиля;
- с прямыми концами стержней с приваркой или установкой на длине нахлестки поперечных стержней;
- с загибами на концах (крюки, лапки, петли); при этом для гладких стержней применяют только крюки и петли;

б) сварные и механические стыковые соединения:

- со сваркой арматуры;
- с применением специальных механических устройств (стыки со спрессованными муфтами, резьбовыми муфтами и др.).

В этом перечне нет соединения арматуры "свободным или связанным перекрестием". Таким образом "соединение арматуры перекрестием" **на самом деле является разрывом арматуры**. В тоже время СП 50-101-2004 "Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений" предъявляет к фундаментам следующие требования: *(Пункт 8.9) Сборно-монолитные и монолитные фундаменты всех стен должны быть жестко связаны между собой и объединены в систему перекрестных лент*. В новом своде правил СП 63.13330.2012 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003" пункт 10.4.5 гласит: *Узловые сопряжения стен в местах их пересечения при невозможности сквозного пропуска горизонтальной арматуры стен через этот стык следует армировать по всей высоте стен пересекающимися П-образными хомутами, обеспечивающими восприятие концентрированных горизонтальных усилий в узловых сопряжениях стен, а также предохраняющими вертикальные сжатые стержни в узловых сопряжениях от выпучивания и обеспечивающими анкеровку концевых участков горизонтальных стержней*. Длина П-образных элементов должна быть не менее 2 значений ширины бетонной стены или фундамента.

Рассмотрим правильные варианты схем армирования углов и примыканий монолитного ленточного фундамента. Общий смысл правильного армирования угла – это дополнительная анкеровка (закрепление) арматуры с помощью отогнутых элементов и арматурная связь зон различных напряжений в углу фундамента (связь внутреннего и наружного слоев бетонной ленты). При таком армировании связываются только внешние стержни арматуры и вертикальная арматура выставляется только у внешних прутков. Внутренние стержни арматуры в углу свободно пересекаются. В зоне угловой анкеровки арматуры поперечная арматура ставится в два раза чаще, чем рекомендуется для ленты фундамента ($\frac{1}{2}$ от $\frac{3}{4}$ высоты сечения ленты фундамента, но не более 25 см).

Схема №28. Вариант правильного армирования угла ленточного фундамента с анкерровкой Г-образными элементами.

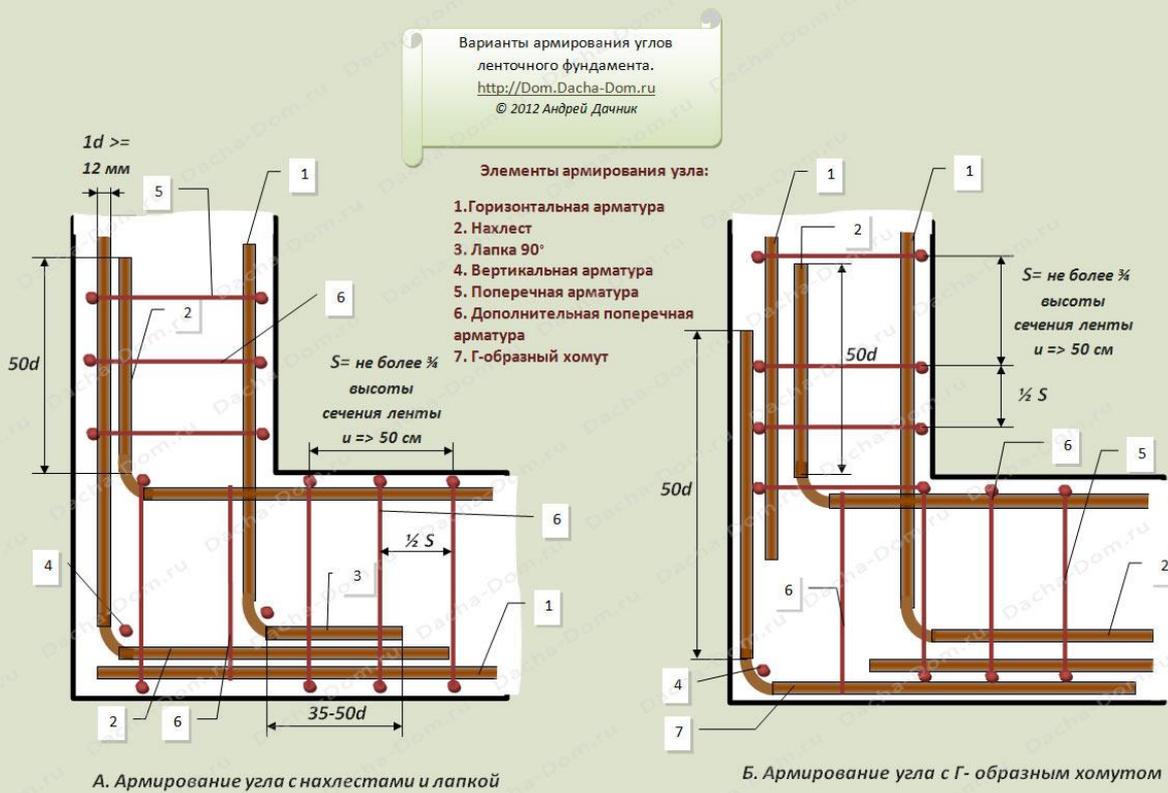


Схема №29. Неправильное и правильное армирование тупого угла ленточного фундамента.

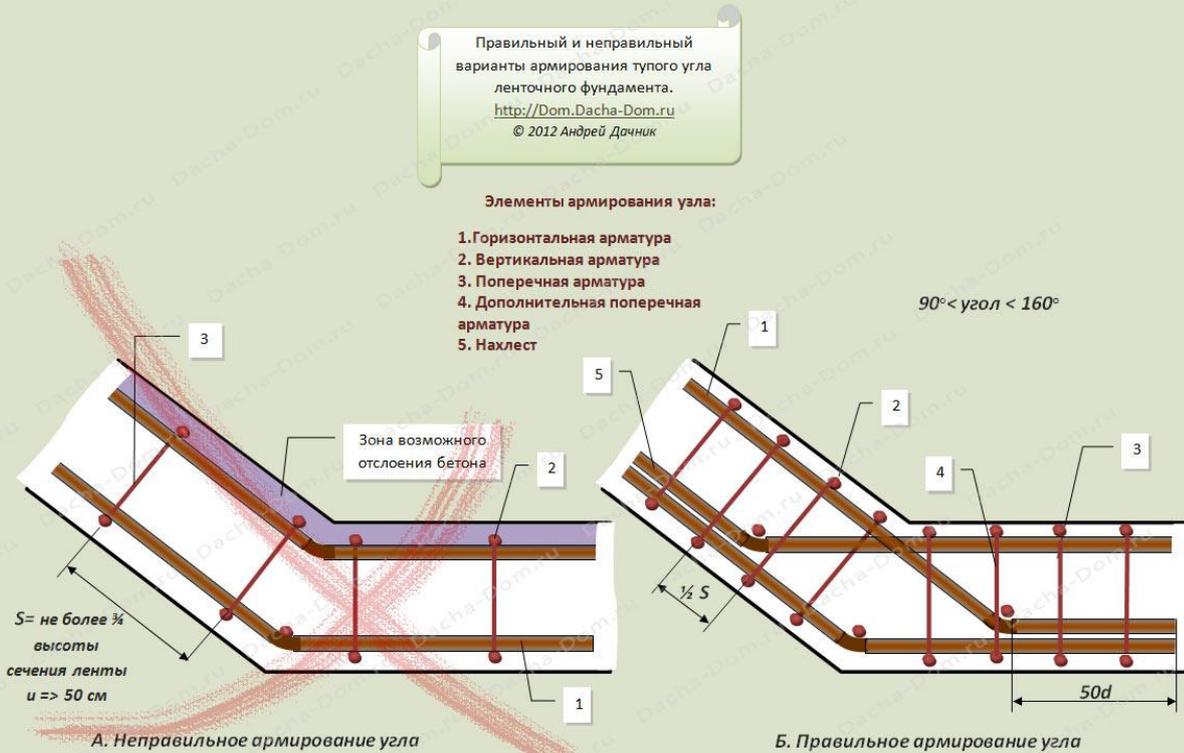


Схема №30. Армирование угла и примыкания ленточного фундамента с помощью П-образных хомутов

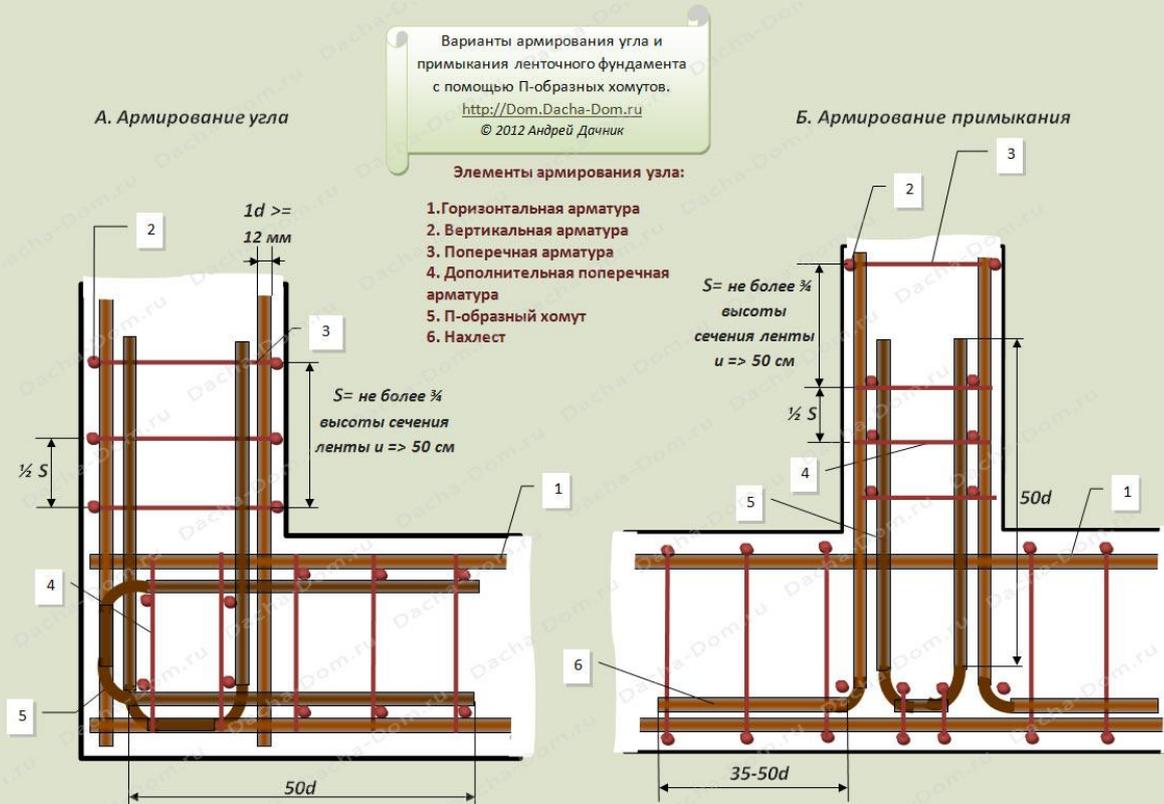


Схема №31. Армирование угла и примыкания ленточного фундамента с помощью Г-образных хомутов

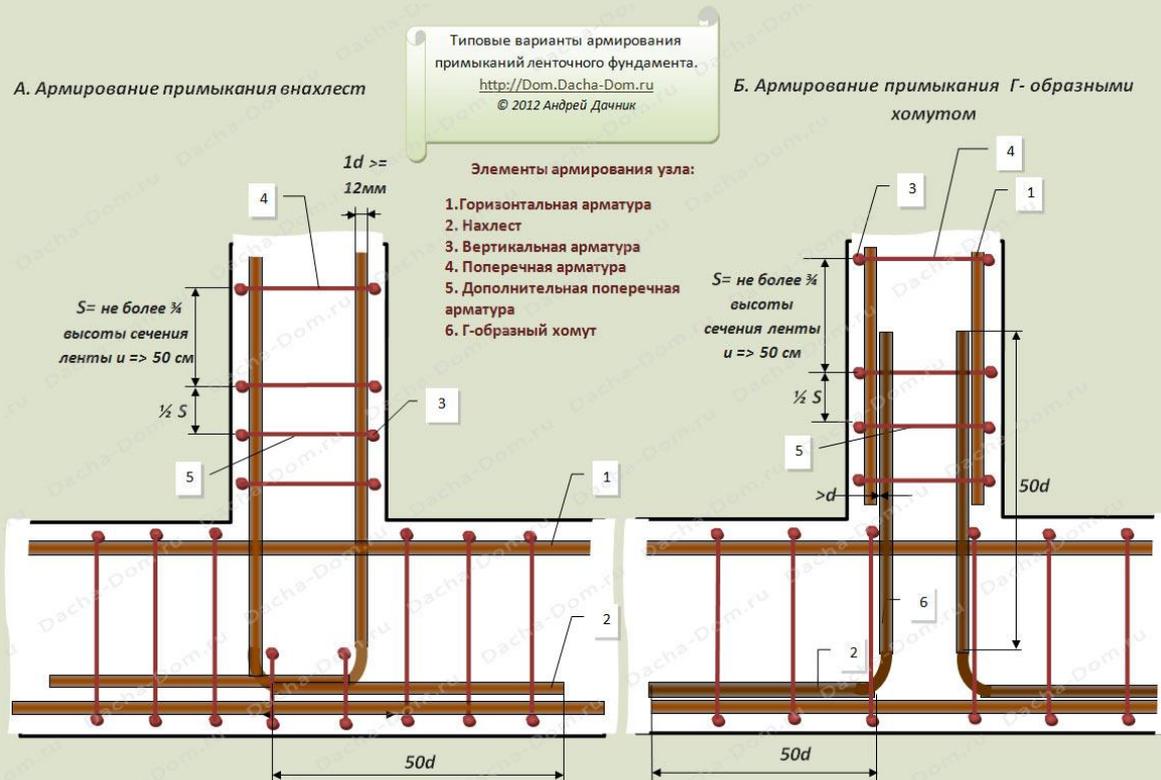


Схема №32. Основные правила расположения и соединения арматуры при армировании ленточного фундамента.

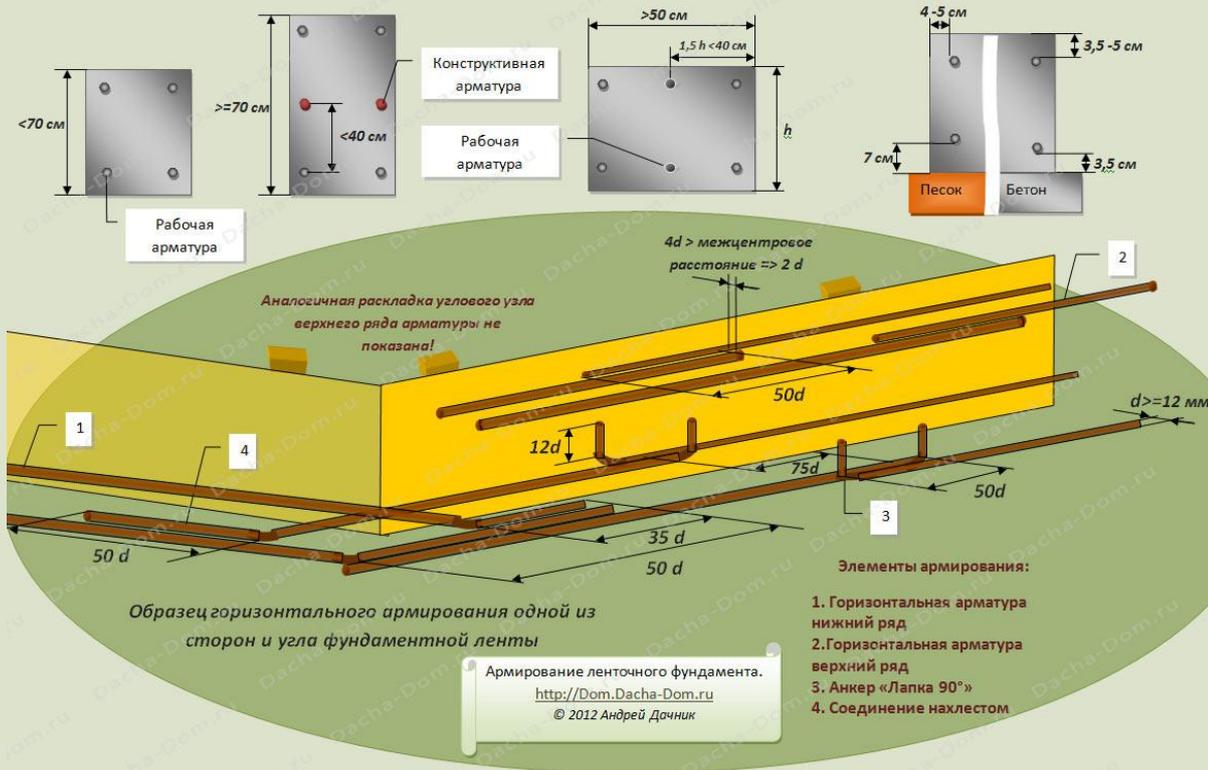


Таблица №55. Пример параметров армирования фундамента в стандартных случаях

Показатель	Лента фундамента высотой 90 см и шириной 50 см на малопучнистом грунте		Лента фундамента высотой 140 см и шириной 60 см на глинистом грунте	
	группе	группе	группе	группе
Марка бетона (класс бетона)	M250 (B20)	M250 (B20)	M350 (B25)	M350 (B25)
Заглубление фундамента	45 см	45 см	95 см	95 см
Высота надземной части	45 см	45 см	55 см	55 см
Минимальный диаметр арматуры	12 мм	12 мм	14 мм	14 мм
Количество стержней в ряду	2	2	3	3
Количество рядов рабочей арматуры	2 ряда: верхний и нижний		2 ряда: верхний и нижний	
Количество рядов конструктивной арматуры	1 ряд (у краев ленты)		3 ряда (у краев ленты)	
Расстояние между рядами конструктивной арматуры	Посредине высоты сечения ленты		32 см	
Расстояние между стержнями рабочей арматуры по ширине ленты	40 см		25 см	
Защитный слой бетона сверху	4 см		4 см	
Защитный слой бетона сбоку	5 см		5 см	
Защитный слой бетона снизу при отсутствии бетонной подготовки	7 см		7 см	
Защитный слой бетона снизу при наличии бетонной подготовки	3,5 см		3,5 см	
Минимальный нахлест арматуры при соединении стержней верхнего ряда	43 см		36,5 см	
Минимальный нахлест арматуры при соединении стержней нижнего ряда	57 см		57 см	
Длина лапки 90 градусов для анкеровки нижнего ряда	20 см		20 см	
Диаметр оправки для сгиба арматуры	5 см		6,5 см	
Шаг установки поперечной арматуры	50 см		50 см	
Диаметр поперечной арматуры	8 мм		8 мм	

Дополнительное армирование ленты и арматурная связь с бетонной подушкой

В обычных условиях для индивидуальных многоквартирных жилых домов высотой до **10 метров** с III-им (пониженным) уровнем ответственности [изменение 1 к ГОСТ 27751-88 от 2005 г.] на непучинистых, слабопучинистых и среднепучинистых грунтах, на ровном рельефе местности без подвала или подземного цокольного этажа, при условии загрузки фундамента конструкциями здания до промерзания почвы не требуется арматурная связь монолитной ленты фундамента и бетонной подушки.

Также при высоте монолитной ленты до **70 см** не потребуются дополнительное продольное армирование у краев фундаментной ленты. При строительстве по II (нормальному) классу ответственности (жилые дома с двумя и более квартирами, высотой более **10 метров**, общественные здания) такая арматурная связь будет нужна.

Многие самостройщики устраивают при армировании и поле невысоких лент фундамента третий средний слой арматуры «для прочности». С точки зрения восприятия нагрузок на сжатие или растяжение этот средний слой армирования бесполезен – в серединной части ленты таких нагрузок не возникает, и арматура в нем «не работает». Дополнительное продольное армирование может понадобиться, если высота фундаментной ленты превышает **70 см**. В этом случае лента фундамента рассматривается как балка, которой требуется конструктивное армирование. Стержни арматуры при конструктивном армировании не у граней балки (в середине ширины балки) не требуются. **Не забудьте про поперечные связи (хомуты) конструктивной арматуры, чтобы предохранить такую арматуру от смещения при укладке бетона и готовую ленту от распираания под нагрузкой. Шаг установки поперечных связей 50 см по длине фундамента.**

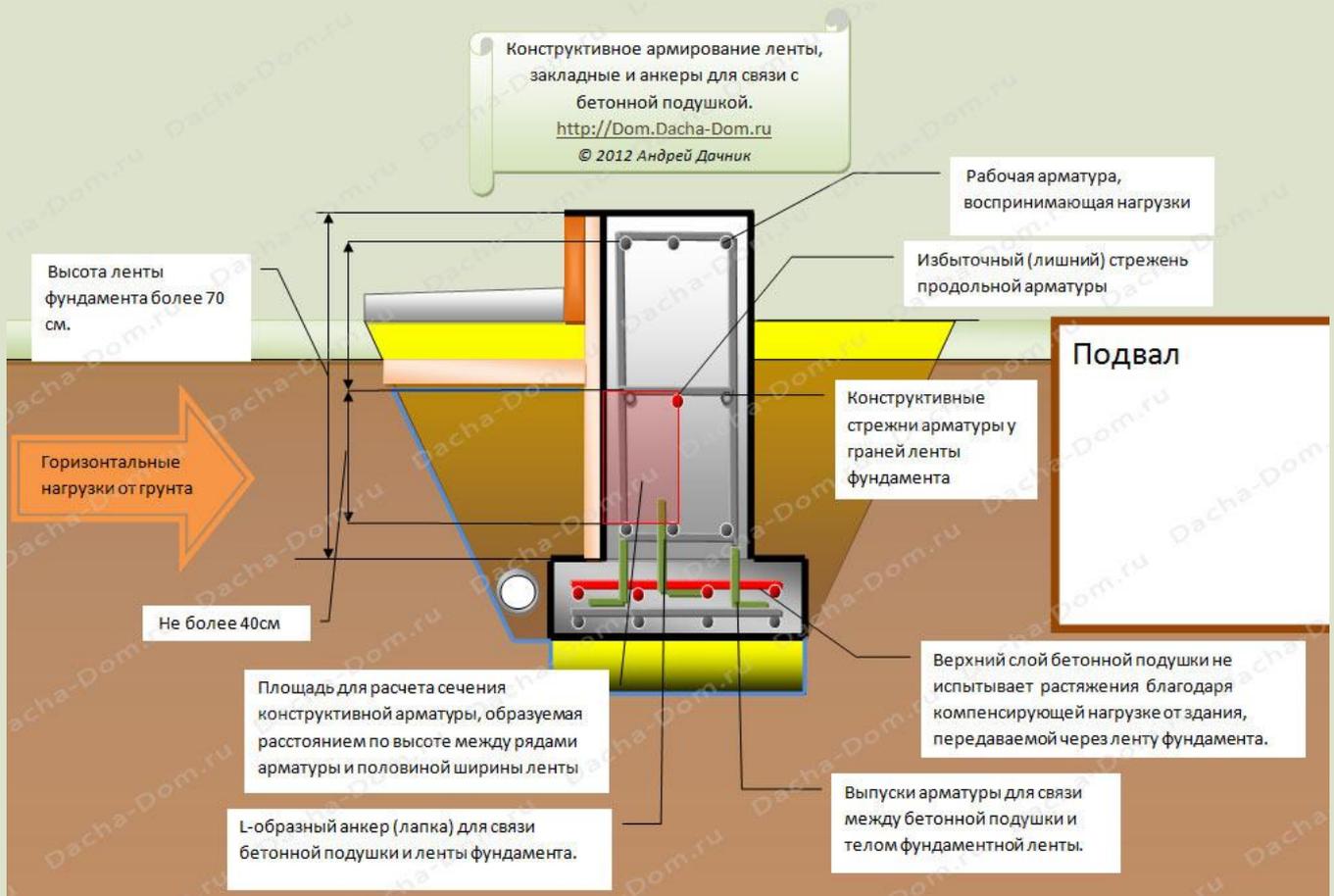
В пункте 3.104. руководства по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения (Москва, 1978) и в разделе 3 пособия по проектированию «Армирование элементов монолитных железобетонных зданий» (Москва, 2007) указывается, что у боковых поверхностей балок высотой поперечного сечения высотой более **70 см** должны ставиться конструктивные продольные стержни. Расстояние между конструктивными стержнями арматуры по высоте должно быть не более **40 см**.

Площадь сечения таких арматурных стержней определяется не менее **0,1 %** площади сечения бетона, но не от всей площади сечения балки, а от площади, образуемой расстоянием между этими стержнями и половиной ширины балки, но не менее чем **20 см**.

Например, при расстоянии между рядами арматуры по вертикали в **40 см** и ширине ленты **40 см**, определяемая минимальная площадь сечения арматуры будет отсчитываться от площади в **400 мм x 400 мм / 2 = 80 000 мм² x 0,001 = 80 мм²**. Эти арматурные стержни должны соединяться хомутами или шпильками диаметром **6 - 8 мм** из арматуры класса А-I с шагом **50 см** по длине ленты фундамента.

В каких случаях может потребоваться дополнительное армирование бетонной подушки и устройство ее арматурной связи с монолитной лентой фундамента? Ведь, по сути, при таком армировании и использовании марки бетона **M150 - M300** вместо **M50** бетонная подушка превращается в подошву Т-образного ленточного фундамента с ребром.

Схема №33. Конструктивное армирование ленты высотой более 70 см и дополнительная связь с бетонной подушкой при возможных некомпенсированных боковых нагрузках.



Второй верхний слой армирования бетонной подушки и ее арматурная связь с лентой может быть рекомендованы в случае планируемого вхождения фундамента незагруженным в холодное время года, особенно на пучинистых или чрезмерно пучинистых грунтах [пункт 8.13 СП 50-101-2004] с высоким уровнем грунтовых вод или при строительстве в сейсмоопасных районах. Также дополнительное армирование может быть рекомендовано при устройстве фундамента на склоне или при планируемом заглубленном цокольном этаже (при отсутствии фундаментной плиты) или устройстве подвала. Связанная с фундаментной лентой бетонная плита подушки будет играть роль якоря, препятствующего силам морозного пучения поднимать фундамент без нагрузки от стен дома. При стандартном армировании бетонной подушки с одним слоем арматуры, она должна располагаться в **76 мм** от нижней грани подошвы [IRC2006 R.403.1.3]. При планируемом подвальном помещении или цокольном этаже, или при строительстве на склоне, арматурная связь между подлежащей бетонной подушкой и лентой фундамента способна обеспечить надежное противостояние горизонтальному давлению окружающих здание грунтов.

В случае экономии можно заложить в бетонную подушку анкера в виде L-образных лапок для связи подушки с телом ленты.

Требования к качеству арматурных работ

Контроль за качеством исполнения арматурных работ ведется в соответствии с требованиями СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции». Основные требования, предъявляемые к законченным арматурным конструкциям, сведены в следующую таблицу:

Таблица №56 Предельно допустимые отклонения при арматурных работах*

Параметр	Предельно допустимые отклонения, мм
Защитный слой бетона толщиной свыше 20 мм и линейных размерах поперечного сечения от 20 до 30 см	+10; -5
Защитный слой бетона толщиной свыше 20 мм и линейных размерах поперечного сечения ленты свыше 30 см	+15; -5
В расстоянии между отдельно установленными рабочими стержнями для плит и стен фундаментов	±20
В расстоянии между рядами арматуры для балок толщиной до 1 м	±10

*Таблица приведена по данным таблицы №9 СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции»

Порядок работ по армированию

Армирование ленты фундамента начинается после выполнения грунтового основания, песчаной или песчано-гравийной подушки и бетонной подготовки (если есть) под фундамент. По возможности арматуру следует монтировать укрупненными или пространственными заранее изготовленными элементами, по возможности сокращая объем применения отдельных стержней.

Требуемую проектом величину защитного слоя нижней арматуры следует обеспечивать посредством установки под нижние стержни фиксаторов защитного слоя бетона. Применение прокладок из обрезков арматуры, деревянных брусков и щебня запрещается.

Армирование фундаментной ленты выполняют в следующей технологической последовательности, которая позволяет обеспечить правильное положение и закрепление арматуры:

- на подготовке произвести разбивку осей арматурных каркасов ленты;
- выполнить необходимые сгибы стержней арматуры для правильного армирования углов и примыканий;
- уложить нижние арматурные стержни на подкладки-фиксаторы для образования нижнего защитного слоя;
- выполнить требуемые соединения арматуры нахлестом, с помощью лапок (нижний ряд) и армирование углов и примыканий с помощью загибов, П- и Г- образных хомутов;
- установить поперечную арматуру для фиксации верхнего ряда стержней и выпуски для стен и колонн (если есть), связать их с нижней арматурой;

- установить верхние арматурные стержни, выполнить требуемые соединения арматуры нахлестом, с помощью лапок (нижний ряд) и армирование углов и примыканий с помощью загибов, П- и Г-образных хомутов с обеспечением необходимых расстояний между стыками в одном ряду арматуры и в одном сечении ленты;
- связать стержни верхнего ряда арматуры с опорными каркасами (хомутами);
- выпуски для стен и колонн связать с верхним рядом арматуры;
- установить фиксаторы для обеспечения боковых защитных слоев бетона;
- установить опалубку;
- проверить отклонения от проектных величин для расположения арматуры и выставления опалубки;
- проверить крепление опалубки.

Стоп-халтура! Многие строители для монтажа стержней арматуры выткают арматурные стержни в грунт (песчаную подушку) и делают из них основу каркаса, остающуюся при заливке бетона. Такие стержни арматуры при контакте с грунтом быстро корродируют, и служат «входными воротами» для проникновения агрессивных химических факторов грунтов в бетон. Что может послужить его локальному ослаблению.

Бетонирование ленточного фундамента

Выбор марки бетона

Для бетонирования ленточного фундамента применяется тяжелый цементный бетон с плотностью **1800-2500 кг/м³**. Лучше для бетонирования бетонной подготовки применять бетон классов прочности на сжатие от В7,5 (марка М100) и выше. Использование тяжелого бетона классов ниже В7,5 (М100) для бетонирования не допускается [пункт 2.5 СНиП 2.03.01-84]. Прочность бетона определяется главным образом структурой и свойствами цементного камня, который скрепляет зерна заполнителя (щебень и песок) в монолит. Свойства цементного камня зависят от его минералогического состава, водоцементного отношения, тонкости помола цемента, его возраста, условий приготовления и твердения и введенных в состав бетона химических добавок.

Марка товарного бетона содержит следующие показатели: **БСГ** (бетонная смесь готовая) **В15** (класс прочности на сжатие **196 кгс/см²**) **ПЗ** (марка удобоукладываемости – очень подвижный бетон) **F100** (марка морозостойкости – бетон выдерживает **100** циклов замораживания размораживания с **25%** потерей прочности и до **5%** потери массы) **W4** (марка по водонепроницаемости – бетон толщиной **15 см** не пропускает воду при давлении водяного столба **4 кгс/см²**).

Таблица №57 Таблица примерного соответствия марки бетона и его класса по прочности

Класс бетона по прочности	Марка бетона	Средняя прочность данного класса, (кгс/см ²)	Товарная марка бетона	Применение бетона
B7,5	M100	98	БСГ В 7,5 ПЗ F50 W2	подготовка под фундамент
B10	M150	131	БСГ В 10 ПЗ F50 W2	подготовка под фундамент
B12,5	M150	164	БСГ В 12,5 ПЗ F100 W2	подготовка под фундамент
B15	M200	196	БСГ В 15 ПЗ F100 W4	монолитные фундаменты, стяжки
B20	M250	262	БСГ В 20 ПЗ F150 W4	монолитные фундаменты
B22,5	M300	302	БСГ В 22,5 ПЗ F150 W6	монолитные фундаменты
B25	M350	327	БСГ В 25 ПЗ F200 W8	монолитные фундаменты
B30	M400	393	БСГ В 30 ПЗ F200 W8	монолитные фундаменты в сложных условиях

Хотя в большинстве случаев дачные строители используют для бетонирования ленточных фундаментов бетон класса B15 (M200), к выбору конкретной марки товарного бетона следует подойти более тщательно, с учетом следующих факторов:

- добросовестности поставщика бетона и соответствия заявленной марки бетона фактической,
- температурного режима эксплуатации фундамента,
- влажностного режима эксплуатации фундамента,
- защищенности фундамента от воздействия грунтовых и атмосферных факторов.

Исходя из температурных и влажностных режимов эксплуатации фундаментов, пункт 2.9 СНиП 2.03.01-84 предписывает использовать определенные марки тяжелых бетонов по морозостойкости и водонепроницаемости. Под морозостойкостью бетона понимается его способность в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание. При замерзании вода увеличивается в объеме более чем на **9%**. Расширению воды препятствуют твердый скелет бетона, в котором возникают очень высокие напряжения, значительно превышающие его собственную прочность.

Способность бетона противостоять разрушению при многократном замораживании и оттаивании в насыщенном водой состоянии объясняется присутствием в его структуре резервных пор, незаполненных водой, в которые и отжимается часть воды в процессе замораживания под действием давления растущих кристаллов льда. Критерием морозостойкости бетона является количество циклов, при котором потеря в массе образца за счет разрушения пористой микроструктуры составляет менее **5%**, а его прочность снижается не более чем на **25%**. Это количество циклов определяет марку бетона по морозостойкости.

Марки бетона по водонепроницаемости: W2, W4 – бетон нормальной проницаемости, W6 - бетон пониженной проницаемости, W-8 бетон особо низкой проницаемости.

Таблица №58. Выбор марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости*

Режим эксплуатации	Марка по морозостойкости	Марка по водонепроницаемости	Подходящие марки товарного бетона, не ниже чем:
Попеременное замораживание и оттаивание в условиях водонасыщения (например, при сезонно оттаивающей вечной мерзлоте или при очень высоком уровне грунтовых вод) при температурах			
Зимняя температура ниже 40 С	F150	W2	БСГ В 20 ПЗ F150 W4 (М-250)
Зимняя температура от 20 до 40 С	F100	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура от 5 до 20 С	F75	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура – 5 С и выше	F50	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Попеременное замораживание и оттаивание в условиях периодического водонасыщения при воздействии атмосферных факторов			
Зимняя температура ниже 40 С	F100	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура от 20 до 40 С	F50	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура от 5 до 20 С	не нормируется	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура – 5 С и выше	не нормируется	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Попеременное замораживание и оттаивание в условиях отсутствия периодического водонасыщения (защищенный от осадков и грунтовых вод бетон)			
Зимняя температура ниже 40 С	F75	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура от 20 до 40 С	не нормируется	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура от 5 до 20 С	не нормируется	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)
Зимняя температура – 5 С и выше	не нормируется	не нормируется	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)

* Таблица создана с использованием данных из таблицы №9 СНиП 2.03.01-84

Как видно из таблицы, по параметрам морозостойкости и водонепроницаемости почти во всех случаях, кроме эксплуатации в условиях водонасыщения при зимних температурах ниже минус **40°C**, можно использовать товарный бетон марки БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200). В самых тяжелых условиях по зимней температуре и водонасыщению необходимо использовать товарный бетон марки БСГ В 20 ПЗ F150 W4 (М-250).

Однако, российские реалии могут внести коррективы в выбор марки товарного бетона и, соответственно, финансовые затраты дачного строителя. Для того чтобы быть уверенным в соответствии фактической марки бетона требуемой по расчету или проекту для дачного строителя есть два пути: либо готовить бетон самому, либо заказывать товарный бетон только у крупных производителей с хорошей репутацией. **При заказе товарного бетона с учетом широко распространенной практики «экономии цемента» рекомендуется заказывать бетон на марку или две выше, чем требуется.** Также коррективы может внести и степень пучинистости грунтов.

При заказе товарного бетона на заводе, автобетоносмеситель должен быть полностью разгружен через **90 минут** после первого добавления воды, а самосвал без мешалки – через **45 минут**. Непосредственно перед разгрузкой бетонная смесь в автобетоносмесителе должна быть еще раз хорошо перемешана.

Для успешной подачи готовой бетонной смеси с помощью бетононасоса ее растекаемость должна составлять не менее **40 см**.

Исходя из вышесказанного, ориентировочно к выбору требуемой марки товарного бетона для строительства ленточного фундамента дома можно подходить с использованием данных из следующей таблицы (у таблицы нет нормативных обоснований):

Таблица №59. Выбор марки бетона с запасом прочности с учетом «экономии» цемента производителем, исходя из типа дома и грунтовых условий *

Тип одноэтажного дома**	Рекомендуемая марка бетона, не менее чем:	
	Слабопучинистый грунт	Пучинистый грунт
Щитовой, каркасный дом	БСГ В 15 ПЗ F100 W4 (М-200)	БСГ В 20 ПЗ F150 W4 (М-250)
Брусовой, бревенчатый дом	БСГ В 20 ПЗ F150 W4 (М-250)	БСГ В 22,5 ПЗ F150 W6 (М-300)
Газобетонный, пенобетонный, керамзитобетонный дом	БСГ В 22,5 ПЗ F150 W6 (М-300)	БСГ В 25 ПЗ F200 W8 (М-350)
Кирпичный, монолитный дом	БСГ В 25 ПЗ F200 W8 (М-350)	БСГ В 30 ПЗ F200 W8 (М-400)

* Таблица является эмпирической: у нее нет нормативных обоснований.

**При строительстве 2-3 этажного дома рекомендуется использовать бетон на марку выше (но не выше М400).

Британский стандарт BS 5328 [таблица 3.1] рекомендует для неармированной бетонной подушки бетонную смесь ST1 следующих пропорций **цемент : песок : щебень = 1:3:6** (состав смеси близкий к бетону марки **М150**), и для армированного бетона смесь ST2 состава **цемент : песок : щебень = 1:1,5:3** (состав смеси близкий к бетону марки **М350**). С учетом невозможности контролировать качество приобретаемого в российских условиях бетона, и при сплошь распространенном строительстве на грунтах без надлежащих инженерного-геологических и гидрологических изысканий такой подход к выбору марки бетона для фундамента может являться страховочным коэффициентом запаса прочности при строительстве дачного дома.

Самостоятельное приготовление бетонной смеси

Требования к составу бетона. Цемент.

В качестве вяжущего вещества в бетоне используется портландцемент – гидравлическое вещество, твердеющее на воздухе и в воде. Портландцемент изготавливают путем тонкого помола спекшихся при высокой температуре (**1200-1450°C**) зерен из известняка и глины (клинкера). Для регулирования сроков схватывания цемента, при помоле к смеси добавляют **1,5-3,5%** гипса от массы цемента.

Портландцемент выпускают без добавок или с активными минеральными добавками в количестве до **20 %**. Портландцемент по прочности при сжатии в 28-суточном возрасте подразделяют на марки: 400, 500, 550 и 600. Условное обозначение цемента состоит из: обозначения вида цемента – ПЦ (портландцемент), ШПЦ (шлакопортландцемент); марки цемента (400, 500, 550 или 600); обозначения максимального содержания добавок: Д0 – добавки не допускаются, Д5 – количество добавок не более **5%**, Д20 –

количество добавок от **5 до 20%**, обозначение быстротвердеющего цемента – Б; обозначение пластификации и гидрофобизации цемента – ПЛ и ГФ, обозначение цемента, полученного на основе клинкера нормированного состава – Н.

Пример условного обозначения портландцемента марки 400, с добавками до **20%**, быстротвердеющего, пластифицированного: ПЦ 400 – Д20 – Б – ПЛ – ГОСТ 10178

При контакте с водой цемент прогрессивно твердеет, набирая прочность. При гидратации цемент связывает **15-25 %** воды от своей массы. Через **30-45 минут** после контакта с водой цемент перестает быть пластичным, а примерно через **8-10 часов** цемент отвердевает и набирает значительную прочность к **седьмому дню** (при нормальных условиях). Скорость схватывания можно увеличить, добавив в смесь хлористый кальций. При твердении цементный камень дает усадку на **1-2 мм на метр**.

Заявленная производителем марка цемента по прочности сохраняется в течение **2 месяцев** со дня производства. При хранении в нормальных условиях цемент теряет прочность на **20% в первые три месяца**, на **30% за полгода** хранения, и на **40%** при хранении **в течение года**. Если вы используете лежалый цемент, то его количество в приготовляемой бетонной смеси нужно увеличить пропорционально потере прочности и в **4 раза** увеличить время перемешивания смеси в бетономешалке.

Минимальное содержание портландцемента ПЦ-Д20 в армированном цементном бетоне подвергаемому атмосферному воздействию должно быть не менее **220 кг/м³**, а портландцемента ПЦ-Д0 - не менее **200 кг/м³** (таблица №3 ГОСТ 26633-91).

Таблица №60. Выбор марки цемента для приготовления определенного класса бетона*

Марка цемента Расход цемента кг/м ³	Класс бетона (марка бетона)					
	В7,5 (М100)	В10 (М150)	В15 (М200)	В20 (М250)	В25 (М350)	В30 (М400)
	200	300	400	400	400	500
	200-240	215-240	240-310	270-340	310-390	250-440

*Таблица приведена по Методическому пособию по приготовлению бетонных смесей компании группы компаний «Мастек», г. Златоуст.

Заполнители бетона

Твердые заполнители в бетоне занимают до **80%** объема и уменьшают расход дорогостоящего цемента. Также твердые заполнители уменьшают усадку цементного камня при твердении. Твердые заполнители бетона могут быть фракционные (близких вариантов размеров зерна – например **5-10 мм**) или рядовым – содержащим зерна различных размеров.

Для бетона лучше использовать рядовой непрерывный заполнитель – когда в бетоне присутствует непрерывный ряд зерен различного размера. Такой бетон меньше склонен к расслоению, чем бетон с заполнителем, в котором отсутствует зерна какой либо фракции. Однако на практике подбора зернового состава заполнителя не производится в связи с трудоемкостью процесса. На практике используют смесь песка и щебня, так, чтобы песок заполнил собой пустоты между щебнем и увеличил плотность бетона. Количество песка составляет **30-35%** от всего зернистого заполнителя.

Щебень и гравий

Для приготовления бетонов в качестве крупного заполнителя используют щебень и гравий. Щебень – это рыхлый материал, получаемый путем искусственного дробления изверженных, осадочных метаморфических горных пород или отходов различных производств. Гравий – это рыхлый материал, образовавшийся в результате естественного разрушения (выветривания) твердых горных пород и состоящий из зерен округлой формы. Гравий может быть горным, речным и морским. Щебень и гравий состоят из отдельных зерен и кусков от **5 до 70 мм**. Они могут быть как рядовыми, так и фракционированными.

Марки щебня, используемого в качестве крупного заполнителя в тяжелом бетоне должна быть не менее:

Таблица №61. Выбор марки щебня для тяжелого бетона*

Класс (марка) бетона	Марка щебня не менее чем:	
	Щебень из природного камня	Гравий
B15 (M200)	300	600
B20 (M250),	400	600
B22,5 (M300)	600	600
B25 (M350)	800	800
B30(M400)	800	1000

*Таблица составлена по требованиям пункта 1.6.8 ГОСТ 26633-91

Фракции щебня, используемые для приготовления тяжелого бетона, составляют от **5 мм до 70 мм**. Делится щебень по фракциям следующим образом: **5-10 мм; 10-20 мм; 20-40 мм; 40-70 мм**. В бетоне лучше использовать щебень или гравий максимально возможной крупности, так как такой заполнитель обладает меньшей удельной поверхностью и меньше оказывает воздействие на цементное тесто, обеспечивая достаточную подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси.

По нормам DIN EN 12620 [таблица 2-7] содержание фракций заполнителей повышенной крупности должно составлять от **1 % до 20 %** от массы, а содержание фракций пониженной крупности не должно превышать **20 %** от массы заполнителя.

По требованию СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» [таблица 1] в состав бетонной смеси должен входить щебень как минимум двух разных фракций при максимальном размере зерна (щебня) до **40 мм**, и **не менее трех разных фракций** щебня при максимальном размере зерна от **40 мм до 70 мм**. Наибольшая крупность зерна заполнителя должна быть не более **2/3** наименьшего расстояния между стержнями продольной арматуры, и максимальный размер зерен не должен превышать **1/3** (а лучше **1/5**) от минимального размера строительного элемента (например, ширины ленты).

Глинистые примеси могут создавать пленку на поверхности щебня и уменьшать сцепление щебня с цементным камнем до **30%**. Загрязненный щебень можно промыть струями воды из шланга, для удаления глинистых примесей.

Песок

Песок для бетона может быть использован как естественный природный, так и дробленый (отсев) с крупностью зерен от **0,14 мм до 5 мм**. Мелкие заполнители (песок) должны иметь среднюю плотность от

2000 до 2800 кг/м³. Для бетона желательно использовать более крупные пески (модуль крупности МК от 2,1 до 3,25) но с содержанием зерен всех размеров, для уменьшения пустотности. Оптимальная пустотность для песка составляет 30%. Большая пустотность песка приводит к увеличению расхода цемента. Максимальная пустотность песка не должна превышать 38%.

В бетонах класса прочности до В30(М400), используемых для дачного строительства, допускается применять очень мелкие пески с количеством зерен фракции менее 0,16 мм до 20% по массе и с количеством глинистых частиц до 3% по массе природного песка пункт [1.6.12 ГОСТ 26633-91] и 5% для дробленого песка из отсева. Содержание особо мелких фракций размером менее 0,63 мм не должно превышать 3%. Если песок загрязнен органическими примесями (например, илом) то его можно отмыть с помощью известкового молока. Плотность песка должна быть не ниже 1400 кг/м³

Таблица №62. Оптимальное содержание песка в смеси зернистых заполнителей для тяжелого бетона*

Расход цемента кг/м ³	Гравий с крупностью:			Щебень с крупностью:		
	10	20	40	10	20	40
Оптимальное содержание песка % от всего зернистого заполнителя						
200 (бетон М100-М250)	42	40	38	45	43	41
300 (бетон М100-М250)	40	38	36	43	41	40
400 (бетон М300 и выше)	38	36	35	40	38	37
500	36	35	34	38	36	35

*Таблица приведена по Методическому пособию по приготовлению бетонных смесей компании группы компаний «Мастек», г. Златоуст.

Для повышения плотности бетона и его морозостойкости может применяться пылевидный наполнитель – молотая каменная мука.

Вода

Для приготовления бетонной смеси используется водопроводная питьевая вода, а также природная очищенная вода, если она не содержит компонентов, отрицательно влияющих на твердение или других свойствах бетона или нарушающих антикоррозионную защиту его арматуры.

Вода необходима для твердения бетона. Как было сказано выше, цемент реагирует всего с ¼ массы воды от своей собственной массы. Однако при создании бетонной смеси воды использую гораздо больше – до 40-70% от массы цемента. Это нужно для придания бетонной смеси пластичности. Избыточная вода, не вступившая в химическую реакцию с цементом, остается в бетоне в виде водяных пор и капилляров или испаряется, оставляя воздушные поры. Все эти виды пор ослабляют бетон. Чем больше будет воды в бетонной смеси (водоцементное соотношение – $v/c = \text{масса воды} / \text{масса цемента}$), тем больше будет пористость и меньше прочность бетона. Для увеличения морозостойкости рекомендуется водоцементное соотношение не больше 0,6 (60% воды от массы цемента) или 0,5 (150 литров воды на 300 кг цемента). Для бетонных изделий, работающих в особо тяжелых условиях (тротуарная плитка), водоцементное число назначают равным 0,4. Максимальное водоцементное число для бетонной смеси, используемой для бетонирования фундаментов, составляет 0,75 [DIN EN 206-1, DIN 1045].

Водоцементное соотношение влияет на пористость (плотность) бетона и, соответственно, на водопроницаемость бетона. Так бетон марки W4 (нормальной проницаемости) готовится при водоцементном соотношении **0,6**, бетон марки W6 (пониженной проницаемости) готовится при водоцементном соотношении **0,55**, а бетон марки W-8 (особо низкой проницаемости) – при водоцементном соотношении **0,45** [таблица 1, СНиП 2.03.11-85].

Наличие достаточного количества воды при наборе бетоном прочности в процессе гидратации обеспечивает морозостойкость бетона. Поэтому так важен правильный уход за бетоном, о котором мы поговорим подробно ниже. Бетон, гидратирующийся в условиях достаточного количества воды при поливке и укрытии бетона полиэтиленовой пленкой, имеет гораздо большую морозостойкость и прочность, по сравнению с бетоном который быстро высох. Прочность неукрытого бетона в первые **10-12 часов** гидратации может понизиться в **3 раза** по сравнению с укрытым бетоном. При быстром высыхании бетона в ранний период возникают также значительные деформации усадки и появляются микротрещины.

Для примера рассмотрим сравнительную таблицу морозостойкости бетонов, набравших прочность в различных условиях:

Таблица №63. Марка морозостойкости бетона в зависимости от водоцементного соотношения и условий твердения бетона*

Условия твердения	Водоцементное соотношение		
	в/ц = 0,4	в/ц = 0,5	в/ц = 0,6
Твердение в атмосферных условиях	400	250	150
Твердение в воде	200	150	100

*Таблица приведена по Методическому пособию по приготовлению бетонных смесей компании группы компаний «Мастек», г. Златоуст.

При меньшем количестве воды в бетонной смеси бетон быстрее набирает прочность, особенно в первые дни твердения. Однако в дальнейшем на сроке в **три месяца** и на сроке в **один год**, бетон с меньшим водоцементным соотношением будет иметь **меньшую прочность**.

Таблица №64 Влияние водоцементного соотношение на набор прочности бетоном

В/Ц	Относительная прочность бетона через сут.					
	1	3	7	28	90	360
0,4	0,24	0,48	0,70	1	1,15	1,38
0,5	0,17	0,43	0,66	1	1,19	1,47
0,6	0,11	0,37	0,64	1	1,21	1,55
0,7	0,08	0,33	0,64	1	1,35	1,67

Нормальными условиями твердения бетона считают температуру **15-20 °C** при влажности **90-100%**.

Качество воды для затворения бетонных смесей для армированных бетонных фундаментов нормируется ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия»:

- Содержание в воде органических поверхностно-активных веществ, сахаров или фенолов, каждого, не должно быть более **10 мг/л**.
- Вода не должна содержать пленки нефтепродуктов, жиров, масел, в ней не должно быть окрашивающих примесей.
- Окисляемость воды не должна быть более **15 мг/л**, а pH должен быть не менее **4** и не более **12,5**.
- Максимальное содержание растворимых солей должно быть не более **5000 мг/л**, взвешенных частиц не более **200 мг/л**, ионов SO_4^{2-} не более **2700 мг/л**, ионов Cl^{-1} не более **1200 мг/л**.

Таблица №65 Расход воды для получения бетона марки удобоукладываемости ПЗ в зависимости от фракции щебня или гравия *

	Крупность заполнителя, мм							
	гравий				щебень			
	10	20	40	70	10	20	40	70
	Расход воды л/м ³							
цементное тесто густотой 26-28%, модуль крупности песка Мк= 2	215	205	190	180	225	215	200	190
+ 1 % густоты	плюс 3-5 л/м ³							
- 1 % густоты	минус 3-5 л/м ³							
+ 0,5 Мк песка	минус 3-5 л/м ³							
+ 0,5 Мк песка	плюс 3-5 л/м ³							

*Таблица адаптирована с упрощением из Методического пособия по приготовлению бетонных смесей компании группы компаний «Мастек», г. Златоуст.

Химические добавки для бетонной смеси

Вид и количество химических добавок назначают согласно «Руководству по применению химических добавок в бетоне» (Москва, 1981).

Химические добавки вводятся в бетонную смесь с водой в виде **5 - 10 %** растворов. При использовании комплексных добавок растворы каждого компонента готовятся и дозируются отдельно. Необходимая концентрация достигается путем растворения определенного количества добавки в воде, подогретой до **70 ° С**. Бетонную смесь с добавками необходимо укладывать в опалубку не позднее, чем через **1,5 ч** после ее приготовления [раздел 6 Рекомендаций по технологии применения химических добавок при производстве бетонных и железобетонных конструкций тоннелей и метрополитенов, Москва, 1988]. Максимально допустимое количество вводимой одной добавки: **50 г** на **1 кг** цемента, двух добавок: **60 г** на **1 кг** цемента.

Таблица №66. Основные химические добавки к бетону*

Вид и назначение добавок	Наименование добавки	Кол-во сухого вещества добавки в % от массы цемента
Пластифицирующие		
Для повышения пластичности бетонных смесей, экономии цемента и придания бетону большей прочности и морозостойкости, водонепроницаемости.	Суперпластификатор С-3	0,35 - 0,7
	Сульфитно – дрожжевая бражка (СДБ)	0,15 - 0,25
	Пластификатор адипиновый (ПАЦ-1)	0,1 - 0,3
Уменьшают водопотребность бетонной смеси до 30%.		
Пластифицирующие – воздухововлекающие		
Способствуют связности и однородности бетонных смесей, увеличивают время твердения и сокращают расход цемента	Мылонафт (М1)	0,1 - 0,2
	Омыленная растворимая смола (ВЛХ)	0,1 - 0,2
	Этил силиконат натрия (ГКЖ 10)	0,1 - 0,2
	Метил силиконат натрия (ГКЖ 11)	0,1 - 0,2
	Нейтрализованный черный контакт (НЧК)	0,1 - 0,2
	Нейтрализованный черный контакт рафинированный	0,1 - 0,2
Воздухововлекающие		
Сокращают расход цемента при небольшом снижении прочности бетона. Обеспечивают равномерность окраски цемента. Повышают морозостойкость бетона при водоцементном отношении < 0,68	Смола нейтрализованная воздухововлекающая	0,01 - 0,02
	Синтетическая поверхность – активная добавка (СПД)	0,01 - 0,02
	Омыленный древесный пек (ЦНИПС – 1)	0,01 - 0,03
Ускорители твердения		
Ускоряют твердение бетона и увеличивают его прочность в возрасте 28 суток.	Сульфат натрия (СН)	0,5 - 1,0
	Нитрат натрия (НН)	0,5 - 1,0
	Хлорид кальция (ХК)	0,5 - 2,0
	Нитрат кальция (НК)	1,0 - 3,0
	Нитрит-нитрат-сульфат натрия (ННСН)	1,0 - 2,0
	Нитрит нитрат-хлорид кальция (ННХК)	2,0 - 3,0
Противоморозные		
Придают бетону способность твердеть при отрицательной температуре.	Хлорид натрия в сочетании с хлоридом кальция (ХН+ХК)	Количество зависит от температуры воздуха
	Нитрат натрия в сочетании с хлоридом кальция (НН+ХК)	
	Поташ (П)	
	Нитрат кальция с мочевиной (НК+М)	
	Соединение нитрата кальция с мочевиной (НКМ)	
	Нитрит-нитрат хлорид кальция (ННХК)	
	Нитрит-нитрат хлорид кальция в сочетании с мочевиной (ННХК+М)	
Для увеличения морозостойкости		
Твердые пористые добавки, выполняющие роль резервных пор для отжатия в них увеличивающейся при замерзании на 9% воды.	Молотый цементный камень (МЦК) Измельченный ячеистый бетон автоклавного твердения (МЯБ)	См. Шейкин А.Е., Добшиц Л.М. Цементные бетоны высокой морозостойкости. Л., Стройиздат, 1989
Красители		
		%
красный	Сурик железный	8
	Сурик железноокисный	5
желтый	Пигмент железноокисный	5
зеленый	Окись хрома	8
голубой	Фталоцианиновый	0,5
черный	Руда марганцевая	10
белый	Мел, известняк, двуокись титана, белый цемент	Экспериментальный подбор

*Таблица адаптирована из материалов Методического пособия по приготовлению бетонных смесей компании группы компаний «Мастек», г. Златоуст.

При использовании химических добавок следует иметь в виду, что улучшение одного из свойств бетона, может привести к ухудшению другого. К тому же с помощью химических добавок невозможно улучшить исходное качество бетонной смеси, при использовании некачественных компонентов или при нарушениях технологических процессов.

Типовые рецепты бетонной смеси

Таблица №67. Таблица пропорций компонентов бетона (цемент, песок, щебень) при использовании портландцемента марки М400

Класс (марка) бетона	Массовый состав, Цемент:Песок:Щебень (кг)	Объемный состав на 10 л цемента, Песок:Щебень (л)	Количество бетона на 10 л цемента (л)
B7,5 (M100)	1 : 4,6 : 7,0	41 : 61	78
B12,5 (M150)	1 : 3,5 : 5,7	32 : 50	64
B15 (M200)	1 : 2,8 : 4,8	25 : 42	54
B20 (M250)	1 : 2,1 : 3,9	19 : 34	43
B22,5 (M300)	1 : 1,9 : 3,7	17 : 32	41
B25 (M350)	1 : 1,6 : 2,7		н/д
B30 (M400)	1 : 1,2 : 2,7	11 : 24	31
B35 (M450)	1 : 1,1 : 2,5	10 : 22	29

Сыпучие материалы дозируют по массе, воду и химические добавки - по массе или объему. Точность дозирования должна быть не менее **2 %** для цемента, воды и химических добавок и не менее **2,5 %** для заполнителей.

Смешивание компонентов бетонной смеси в бетоносмесителе (бетономешалке)

Цель перемешивания бетонной смеси это обволакивание всех частиц заполнителя цементным тестом и превращение всех ингредиентов бетонной смеси в однородную массу, которая не должна нарушаться при выгрузке смеси из бетоносмесителя. При тщательном перемешивании компонентов бетонной смеси в бетоносмесителе можно добиться прочности бетона на **40%** и более, чем при перемешивании вручную.

Чтобы бетонная смесь не прилипла к стенкам, бетономешалку вначале необходимо «смазать» некоторым количеством смеси цементом, водой и мелким заполнителем. Полученную смесь можно будет в дальнейшем использовать для заглаживания поверхностей.

Порядок подачи и перемешивания компонентов бетонной смеси: в работающий бетоносмеситель дозируется вода (**15-20%** всего объема), часть песка и цемент, где все перемешивается. Затем в бетоносмеситель догружают оставшуюся часть заполнителей (щебня) и воды и повторно перемешивают. При использовании небольших бетономешалок порядок загрузки составных частей бетонной смеси следующий: сначала подают песок и часть щебня, затем цемент. После сухого перемешивания в бетономешалку подают воду и, наконец, остатки крупного заполнителя, чтобы разбить образующиеся скопления раствора.

Минимальная продолжительность перемешивания бетонной смеси после загрузки всех компонентов до выгрузки из бетоносмесителя готовой смеси составляет **1-1,5 минуты** (зависит от пластичности). Немецкие нормы говорят о **30 секундах** перемешивания бетонной смеси. При большем увеличении времени перемешивания вода из смеси начинает испаряться и бетонная смесь начинает терять пластичность. Допустимое максимальное время перемешивания бетонной смеси – до **3-х часов**. При

приготовлении бетонов на легких заполнителях время перемешивания **3-5 минут (90 сек** по немецким нормам). Ручное смешивание немецкие нормы не допускают.

Укладка бетонной смеси

Перед бетонированием фундамента бетонную подготовку, опалубку и арматуру следует очистить от мусора, грязи, битума, масел и промыть (при положительной температуре) водой. Оставшуюся на поверхности воду нужно удалить. Арматуру нужно очистить от отслаивающегося налета ржавчины. Обратные к бетону поверхности деревянной опалубки для облегчения распалубки должны быть обильно окрашены известковым или цементным молоком или покрыты гидрофобным составом. В опалубке не должно быть швов или щелей размером более **2 мм**.

Бетонную смесь необходимо укладывать и уплотнять таким образом, чтобы арматура было плотно покрыта бетоном со всех сторон. При укладке бетона не должно происходить его расслоение. Опасность расслоения бетона повышается с увеличением высоты свободного сбрасывания бетонной смеси. Стандартной высотой свободного сбрасывания по немецким нормам DIN считается высота в **50 см**. При высоте свободного сбрасывания бетонной смеси более **2 м** (для декоративного бетона более **1 м**) бетонная смесь в любом случае должна подаваться через самотечные трубы, шланги или по желобам.

Пункты 2.10-2.14 СНиП 3.03.01-87 регламентируют порядок укладки бетонных смесей:

- Бетонные смеси следует укладывать горизонтальными слоями одинаковой толщины без разрывов, с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях.
- Толщина укладываемого слоя не должна превышать более **125%** длины рабочей части ручного глубинного вибратора. Количество слоев определяется высотой сечения фундамента и величиной рабочей части глубинного вибратора – от **35 до 50 см**. Сечение высотой до **60 см** можно укладывать и вибрировать в один слой. Например, при высоте сечения ленты **70 см** бетонная смесь укладывается **двумя слоями по 35 см**. А при высоте ленты **130 см** бетона смесь укладывается **тремя слоями по 43 см**.
- Укладка следующего слоя бетонной смеси допускается после уплотнения вибрацией предыдущего слоя и до начала схватывания бетона предыдущего слоя (**1-2 часа**).
- Верхний уровень уложенной бетонной смеси должен быть на **5 - 7 см** ниже верха щитов опалубки.
- Процесс бетонирования прерывать нельзя, бетонировать весь фундамент крайне желательно за один прием.
- В случае крайней необходимости (крайне нежелательной для прочности сооружения)при необходимости устройства рабочего шва при перерыве в бетонировании более двух часов, поверхность плоскости шва должна быть перпендикулярна продольной оси ленты фундамента (а не под углом 45° как делают многие строители). Шов должен располагаться в пределах средней трети пролета ленты.
- Возобновление бетонирования возможно по достижении бетоном прочности не менее **1,5 МПа**, так как при прочности ниже **1,5 МПа** дальнейшая укладка бетонной смеси приводит к нарушению структуры ранее уложенного бетона в результате динамического воздействия вибраторов. При нормальных условиях (температура **+ 15 +20°C**) бетон набирает прочность **1,5 МПа** примерно за **8 часов**.

- Для лучшего сцепления ранее уложенного бетона со свежим рабочие швы по горизонтальным и наклонным поверхностям очищают от цементной пленки струей воды или воздуха, металлической щеткой, смачивают и покрывают соединительной смесью: цементным раствором с мелкозернистым заполнителем слоем толщиной **1,5-3 см**.

При бетонировании во время дождя бетонируемый участок должен быть защищен полиэтиленовой пленкой или передвижным навесом от попадания воды в бетонную смесь. Бетон, размытый дождем, следует заменить с последующим повторным уплотнением вибрированием.

Вибрирование

Плотная структура является признаком хорошего бетона. Без окончательного уплотнения бетон не может достичь основных свойств жесткого бетона, так как во всех правилах бетонной технологии и основах проектирования предусмотрено полное уплотнение свежеложенной бетонной смеси.

Кроме этого, для применения вибрации при укладке бетона есть еще два существенных повода.

Во-первых, вибрация позволяет уменьшить пористость бетонного камня. Содержание воздуха в бетоне составляет примерно **1-2%** от объема бетонной смеси. Чем больше в бетоне воздуха, тем больше образуется в бетонном камне пор и тем ниже его прочность и водонепроницаемость. Прочность бетона одного и того же класса уложенного с вибрацией и без нее может существенно отличаться. Снизить содержание воздуха в бетонной смеси и уплотнить ее можно при помощи вибрации. Вибрационные колебания распространяются как радиально и, в меньшей степени, в соосном наконечнику направлении. При воздействии на бетонную смесь механических колебаний высокой частоты и малой амплитуды повышается подвижность бетонной смеси, при которой пузырьки воздуха поднимаются к поверхности и выходят из бетона.

Во-вторых, хотя для получения хорошей однородной структуры бетонного камня, бетонная смесь должна обладать достаточной вязкостью для недопущения ее расслоения, в момент укладки текучесть смеси бетонной смеси должна повышаться, чтобы обеспечить ее равномерное заполнение всей формы опалубки. Кратковременного повышения текучести достигают при помощи вибрации, которая кратковременно разрушает коагуляционные структуры в бетоне и бетонная смесь начинает течь. Также вибрация обеспечивает сближение частиц бетонной смеси под действием силы тяжести.

Для пластичной бетонной смеси марки ПЗ используют ручные глубинные вибраторы со встроенным электродвигателем или с гибким наконечником. Для более жидкого бетона при отсутствии вибратора можно применять метод штыкования металлическими стержнями (арматуры).

При укладке бетона в узких элементах, таких как стены или лента фундамента, до начала схватывания бетона через **1 час** после укладки проводится дополнительное повторное уплотнение бетонной смеси вибрированием.

Уплотнение монолитного бетона производится с помощью глубинных вибраторов. Как было сказано выше, при укладке бетона слоями, каждый слой уплотняют вибрированием. Для этого рабочий наконечник включенного ручного глубинного вибратора погружают в бетонную смесь под углом **30-35°** таким образом, чтобы конец его рабочей части прошел через границу раздела «старого» и «нового» слоев укладываемого бетона на **5-10 см**. Вибрации вызывают перемещение и уплотнение частиц бетонной смеси, осаждение зерен уплотнителя и вытеснение воздуха. За счет всех этих движений в составе бетонной смеси граница раздела между слоями исчезает.

При уплотнении рабочий наконечник глубинного вибратора быстро погружают на требуемую глубину и медленно вынимают. При этом поверхность бетона должна закрыться. Видимые зоны воздействия вибратора (концентрические круги) должны перекрываться как минимум на **10 см** [пункт 2.11 СНиП 3.03.01-87] или шаг перестановки наконечника вибратора должен быть равен **1,5 радиуса** их действия.

Признаками достаточного уплотнения бетонной смеси считаются:

1. Бетонная смесь перестает оседать.
2. На поверхности появляется цементное молоко с мелкозернистым песком.
3. На поверхность не поднимаются воздушные пузыри.
4. После вынимания рабочего наконечника вибратора поверхность бетона быстро закрывается.

Если после вынимания наконечника вибратора отверстие не заполняется бетонной смесью, то это может означать, что продолжительность вибрирования была не достаточной, консистенция бетона оказалась слишком густой или уже началось схватывание бетона.

Недопустимо распределять бетонную смесь в опалубке с помощью наконечника вибратора, опирать наконечник на арматуру и элементы крепления опалубки. В случае обнаружения деформации или смещения опалубки бетонирование должно быть прекращено, и опалубка должна быть исправлена до начала схватывания бетона.

Таблица №68. Технические характеристики ручных глубинных вибраторов

Показатели	Ручные электромеханические вибраторы с гибким валом			Ручные вибраторы со встроенным электродвигателем		
	ИВ-113	ИВ-112	ИВ-47Б	ВЭР-100	ИВ-103	ИВ-60
Техническая производительность, м ³ /ч	2	4	6	7-10	12-14	12-18
Длина рабочей части вибронаконечника, см	36	41	44	-	-	-
Масса вибронаконечника с гибким валом, кг	11,4	14,5	22,7	22	24	29
Длина рабочей части, см	-	-	-	52	48	52

Уход за бетоном

Стоп-халтура! Очень и очень многие дачные строители думают, что следующая важная операция после окончания укладки бетона в опалубку – это распалубка и наслаждение результатами своего труда. На самом деле это не так. После окончания укладки бетона в опалубку начинается следующий серьезный строительный технологический процесс – уход за бетоном. С помощью создания оптимальных условий для гидратации в процессе ухода за бетоном достигается планируемая марочная прочность бетонного камня. Отсутствие этапа ухода за бетоном может привести к деформациям, возникновению трещин и уменьшению скорости набора прочности бетоном.

Уход за бетоном – это комплекс мероприятий по созданию оптимальных условий для выдерживания бетона до набора установленной марочной прочности. Основные цели ухода за бетоном:

- Минимизировать пластическую усадку бетонной смеси;
- Обеспечить достаточную прочность и долговечность бетона;
- Предохранить бетон от перепадов температур;
- Предохранить бетон от преждевременного высыхания;
- Предохранить бетон от механического или химического повреждения.

Уход за свежеложенным бетоном начинается сразу же после окончания укладки бетонной смеси и продолжается до достижения **70 %** проектной прочности [пункт 2.66 СНиП 3.03.01-87] или иного обоснованного срока распалубки.

По окончании бетонирования необходимо осмотреть опалубку на предмет сохранения заданных геометрических размеров, течей и поломок. Все выявленные дефекты следует устранить до начала схватывания бетона (**1-2 часа** от укладки бетонной смеси). Твердеющий бетон необходимо предохранять от ударов, сотрясений и любых других механических воздействий.

В начальный период ухода за бетоном, сразу же после окончания его укладки во избежание размыва и порчи его поверхности, бетон следует укрыть полиэтиленовой пленкой, брезентом или мешковиной.

Особенно тщательно следует сохранять температурный и влажностный режим твердения бетона. Нормальная влажность для твердения это **90-100%** в условии избытка воды. Как показано выше в таблице № 52 набор прочности в условиях влажности существенно увеличивает итоговую прочность цементного камня.

При преждевременном обезвоживании (которое также может произойти при утечке цементного молока из негидроизолированной опалубки) бетон получает недостаточную прочность поверхностей, склонность к отслаиванию песка от бетона, увеличенное водопоглощение, сниженную устойчивость против атмосферных и химических воздействий. Также при преждевременном обезвоживании возникают ранние усадочные трещины, и возникает опасность последующего образования поздних усадочных трещин. Преждевременные усадочные трещины образуются в первую очередь вследствие быстрого уменьшения объема свежеложенного бетона на открытых участках поверхности за счет испарения и выветривания воды. При высыхании бетона он уменьшается в объеме и дает усадку. В результате этой деформации возникают структурные и внутренние напряжения, которые могут привести к трещинам. Усадочные трещины появляются сначала на поверхности бетона, а затем могут проникать вглубь. Поэтому необходимо позаботиться об отсроченном высыхании бетона. Оно должно начаться только тогда, когда бетон наберет достаточную прочность, чтобы выдерживать усадочное напряжение без образования трещин. При образовании ранних трещин. Когда бетон еще остается пластичным, образующиеся усадочные трещины можно закрыть с помощью поверхностной вибрации. Подробнее о видах трещин и способах их устранении мы вскоре поговорим подробнее в отдельной главе.

Высыхание бетона ускоряется на ветру, при пониженной влажности и при температуре воздуха ниже, чем температура твердеющего бетона. Поэтому поверхность бетона надо предохранять от высыхания в период ухода за бетоном. После того как бетон наберет прочность **1,5 МПа** (примерно **8 часов** твердения) нужно регулярно увлажнять поверхность бетона водой путем рассеянного полива (не струей!). Можно укрыть поверхность мешковиной, брезентом или опилками и смачивать их водой, укрывая сверху полиэтиленовой пленкой, создавая условия по типу влажно-высыхающего компресса. Увлажнение бетона не проводится при среднесуточных температурах ниже **+5°C**. При угрозе промерзания бетон можно укрыть дополнительно теплоизолирующими материалами (пенопластом, минеральной ватой, ветошью, сеном, опилками и т.п.). Даже если постоянное увлажнение бетона водой невозможно, бетон

следует укрыть полимерной пленкой толщиной не менее **0,2 мм (200 микрон)**. Полотнища пленки должны быть уложены максимально возможными цельными кусками с минимум швов. Соединяют полотнища пленки внахлест с перекрытием в **30 см** с проклейкой клейкой лентой. Кромки пленки должны плотно прилегать к бетону, чтобы минимизировать испарение воды из-под пленки.

Во избежание повреждения свежееуложенного бетона движущимися грунтовыми водами необходимо оградить его от размывания до достижения прочности не ниже **25% (1-5 суток** в зависимости от условий при положительной температуре).

Срок окончания ухода за бетоном совпадает со сроком его безопасной распалубки.

Таблица №69. Относительная прочность бетона на сжатие при различных температурах твердения

Бетон	Срок твердения, суток	Среднесуточная температура бетона, °С					
		-3	0	+5	+10	+20	+30
		прочность бетона на сжатие % от 28-суточной					
М200 - М300 на портландцементе М-400, М-500	1	3	5	9	12	23	35
	2	6	12	19	25	40	55*
	3	8	18	27	37	50	65
	5	12	28	38	50	65	80**
	7	15	35	48	58	75	90
	14	20	50	62	72	90	100
	28	25	65	77	85	100	-

***Желтый цвет** – условно безопасный срок начала работ на фундаменте (определяется проектировщиком).

****Зеленый цвет** – безопасный срок начала работ на фундаменте.

Уход за бетоном и температурный режим

Температура свежеприготовленной бетонной смеси не должна превышать **30 °С**. При бетонировании при среднесуточной температуре воздуха от **+ 5°С** до **- 3°С**, температура бетонной смеси при массе цемента более **240 кг /м³** (марка бетона М200 и выше) должна быть не менее **+5°С**, а при меньшем количестве цемента не менее **+10°С**.

Безопасное бетонирование при температуре воздуха менее **- 3°С** и однократное замораживание бетона и его оттаивание возможно только тогда, когда температуру бетонной смеси как минимум в течение **3 дней** поддерживалась на уровне не ниже **+ 10 °С**.

Бетонирование при холодной погоде

При холодной погоде наблюдается замедление схватывания и нарастания прочности бетона. При среднесуточной температуре $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ требуется в два раза больше времени, чтобы бетон достиг такой же прочности, как при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температуре, близкой к температуре замерзания, набор прочности бетона практически прекращается. Если свежий бетон замерзает, то его структура может разрушиться. Неиспользованная при гидратации цемента избыточная вода образует в твердеющем бетоне систему капиллярных пор.

При воздействии мороза вода, находящаяся в порах, полностью или частично замерзает, а образуемый в результате замерзания лед оказывает давление на стенки пор, которые могут привести к разрушению их структуры. Замерзание бетона в раннем возрасте влечет за собой значительное понижение его прочности после оттаивания и в процессе дальнейшего твердения по сравнению с нормально твердевшим бетоном. Это происходит из-за разрыва кристаллами льда связей между поверхностью зернистого заполнителя и цементным клеем (цементным камнем).

Устойчивости свежесуложенного бетона к замерзанию можно добиться специальным составом бетонной смеси и требуемыми сроками твердения бетона при положительной температуре.

Таблица №70. Время твердения бетона, необходимое для достижения достаточной стойкости к замерзанию (директива RILEM*)

Класс прочности цемента	Температура бетона (среднесуточная температура)		
	5 °C	12 °C	20 °C
Необходимое время твердения (дни) для достижения устойчивости к замерзанию бетона с водоцементным отношением 0,60			
M400 D20 32,5N (32,5N)	5	3 ½	2
32,5R (быстротвердеющий)	2	1 ½	1
42,5N	2	1 ½	1
45,5R (быстротвердеющий)	¾	½	½

*Международный союз лабораторий и экспертов в области строительных материалов, систем и конструкций.

Таблица № 71 Время твердения бетона, необходимое для достижения достаточной стойкости к замерзанию *

Класс (марка) бетона	Прочность бетона монолитных конструкций к моменту замерзания, %	Количество суток выдержки бетона при температуре бетона	
		+5°C	+10°C
V7,5-V10 (M100)	50	14	10
V12,5-V25 (M150 – M350)	40	9	6
V30 (M400) и выше	30	6	4
Бетон в водонасыщенном состоянии с попеременными циклами замораживания	70	25	20
Бетон с противоморозными добавками, рассчитанными на определенную температуру	20	4	3

*Адаптировано с упрощением из таблицы №6 СНиП 3.03.01-87

К эффективным мерам для производства работ по бетонированию в зимнее время относятся:

- использование цемента с быстрым набором прочности (литера “R” в классе прочности),
- повышение содержания цемента в бетонной смеси,
- снижение водоцементного отношения,
- предварительный подогрев заполнителей (до + 35°C) и воды (до + 70°C) для бетонной смеси [таблица 6 СНиП 3.03.01-87] ,
- использование противоморозных и воздухововлекающих добавок.

При применении подогрева бетона нельзя нагревать его до температур выше +30°C. При применении горячей воды с температурой до + 70°C ее предварительно следует смешать с зернистым заполнителем (до введения цемента в бетонную смесь), чтобы не «запарить» цемент. Для этого соблюдают следующую очередность загрузки материалов в бетоносмеситель:

- одновременно с заполнителем подают основную часть нагретой воды,
- после нескольких оборотов подают цемент и заливают остальную часть воды,
- продолжительность перемешивания увеличивают в 1,25 -1,5 раза по сравнению с летними нормами для получения более однородной смеси (минимум 1,5 - 2 минуты),
- продолжительность вибрирования бетонной смеси увеличивают в 1,25 раза.

При предварительном разогреве бетонной смеси, а также при применении бетона с противоморозными добавками допускается укладывать смесь на неотогретое непучинистое основание (песчаную подушку) или старый бетон, если по расчету в зоне контакта на протяжении расчетного периода выдерживания бетона не произойдет его замерзания [пункт 2.56 СНиП 3.03.01-87]. После укладки бетона и вибрирования, его необходимо укрыть полимерной пленкой и теплоизолирующими материалами (в том числе возможно использование снега), чтобы сохранить выделяющееся тепло при гидратации цемента (на протяжении 3 - 7 суток в нормальных условиях). При морозах следует построить над фундаментом парник и подогревать его.

Для самодеятельных дачных строителей без опыта можно рекомендовать придерживаться следующего правила: **производить бетонные работы при ожидаемых среднесуточных температурах в пределах 28 суток от момента заливки фундамента ниже +5°C не рекомендуется.**

Также следует помнить, что **не допускается оставлять малозаглубленные (незаглубленные) фундаменты незагруженными на зимний период.** Если это условие по каким-либо обстоятельствам оказывается невыполнимым, вокруг фундаментов следует устраивать временно теплоизоляционные покрытия из опилок, шлака, керамзита, шлаковаты, соломы и других материалов, предохраняющих грунт от промерзания [пункт 6.6 ВСН 29-85]. Выпуски арматуры забетонированных конструкций должны быть укрыты или утеплены на высоту (длину) не менее чем 0,5 м.

Бетонирование при жаркой погоде

Повышение температуры бетона активизирует взаимодействие воды и цемента и ускоряет твердение бетона. С другой стороны, избыточный нагрев бетонной смеси приводит к расширению, которое фиксируется при схватывании бетона и твердении цементного камня. В дальнейшем, при охлаждении бетон сжимается, однако возникающая структура препятствует этому, и в бетоне возникают остаточные напряжения и деформации. Обычно бетон сильнее нагревается с поверхности, поэтому и избыточное напряжение в первую очередь возникает у его поверхности, где могут образовываться трещины. Критический период времени, когда образуются усадочные трещины, часто начинается через час после приготовления бетонной смеси и может продолжаться **от 4 до 16 часов**.

При прогнозируемой среднесуточной температуре воздуха выше **+ 25°C** и относительной влажности воздуха менее **50%** для бетонирования рекомендуется использовать быстротвердеющие портландцементы, марка которых должна превышать марочную прочность бетона не менее чем в **1,5 раза**. Для бетонов класса В22,5 и выше допускается применять цементы, марка которых превышает марочную прочность бетона менее чем в **1,5 раза** при условии применения пластифицированных портландцементов или введения пластифицирующих добавок [пункт 2.63 СНиП 3.03.01-87]. Либо использовать добавки, замедляющие сроки твердения бетона.

Также разумным может быть укладка бетона в утреннее, вечернее или ночное время при падении температуры воздуха и исключения воздействия на бетонную смесь солнечных лучей.

При бетонировании температура поверхности бетона не должна превышать **+ 30 +35°C**. При появлении на поверхности уложенного бетона трещин вследствие пластической усадки допускается его повторное поверхностное вибрирование не позднее чем через **0,5-1 ч** после окончания укладки. В особых случаях для охлаждения бетона можно использовать чешуйчатый лед.

Свежеуложенную бетонную смесь надо защищать от обезвоживания из-за воздействия температуры воздуха, солнечных лучей и ветра. После набора бетоном прочности **0,5 МПа**, уход за бетоном должен заключаться в обеспечении постоянного влажного состояния поверхности путем устройства влагоемкого покрытия и его постоянного увлажнения, выдерживания открытых поверхностей бетона под слоем воды или непрерывного распыления влаги над поверхностью конструкций с помощью распылителя для газонов или перфорированного шланга. При этом только периодический полив водой открытых поверхностей твердеющих бетонных и железобетонных конструкций не допускается.

Во избежание возможного возникновения термонапряженного состояния в монолитных конструкциях при прямом воздействии солнечных лучей свежеуложенный бетон следует защищать отражающей (фольгированной) полимерной пленкой или бумагой в комбинации с теплоизолирующими материалами. При использовании деревянной опалубки, ее также нужно постоянно поливать водой.

Особенно актуальны меры по охлаждению твердеющего бетона при минимальном размере сечения фундаментной ленты **80 см** и более. В этом случае при гидратации выделяется слишком много тепла и перегрев бетона и последующее образование трещин возможно даже при обычных температурных условиях.

Таблица №72. Мероприятия по уходу за бетоном в зависимости от температуры воздуха.

Мероприятия по уходу за бетоном	Температура воздуха °С					
	< -3°С	от -3°С до +5°С	от +5°С до +10°С	от +10°С до +15°С	от +15°С до +25°С	> +25°С
Накрыть пленкой, увлажнять поверхность, увлажнять опалубку, покрыть бетон влагосохраняющим материалом					Да при сильном ветре	Да
Накрыть пленкой, увлажнять поверхность.			Да	Да	Да	
Накрыть пленкой, положить теплоизоляцию		Да				
Накрыть пленкой, положить теплоизоляцию, устроить парник, подогревать 3 дня до Т +10°С	Да					
Постоянно поддерживать тонкий слой воды на поверхности бетона			Да	Да	Да	Да

Сроки безопасной распалубки

Распалубку (снятие с фундамента опалубки) можно начинать, когда бетон наберет достаточно прочности, чтобы сохранять форму и целостность поверхностей, выдерживать нагрузки от передвижения людей и осуществления строительных манипуляций, противостоять природным и погодным факторам.

Минимально безопасные сроки распалубки (снятия опалубки) разнятся в различных нормативных документах. В большинстве источников указано, что минимальный срок снятия опалубки должен быть определен проектировщиком с учетом конкретных условий бетонирования. Ниже мы приводим сводную таблицу минимально безопасных сроков снятия опалубки (выдержки бетона в опалубке).

Таблица №73. Безопасные сроки распалубки.

Нормативный документ	Условие	Срок распалубки	Примечание
СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции, пункт 2.110, таблица № 10	Горизонтальная поверхность пролет до 6 м	Набор бетоном 70% марочной прочности	<i>Данный раздел СНиП признан не действующим Постановлением Госстроя России от 22.05.2003 г. № 42.</i>
	Горизонтальная поверхность пролет свыше 6 м	Набор бетоном 80% марочной прочности	
СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции, пункт 2.66		Достижение бетоном 70 %	

Нормативный документ	Условие	Срок распалубки	Примечание
		марочной прочности, а при соответствующем обосновании - 50 %.	
СНИП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции, таблица № 3	Бетон на пористых заполнителях (керамзит)	Прочность бетона 3,5 МПа, но не менее 50 % марочной прочности	
ВСН 48-93 Правила возведения монолитных бетонных и железобетонных обделок для транспортных тоннелей	Обычные грунты	По достижении бетоном марочной прочности	Норма действует для тоннелей
	Крепкие устойчивые грунты	Набор бетоном 75% марочной прочности	Норма действует для тоннелей
DIN 1045-2:2008-08 Бетон и железобетон. Раздел 12, таблица 8 (Германия)	Боковые плоскости балок, стен	3 дня	(класс прочности цемента 32R)
	Плиты перекрытий	8 дней	(класс прочности цемента 32R)
ACI 318-08 пункт 5.11.1 (США)	Температура бетона выше 10 °С	7 дней	При соблюдении требуемой влажности бетона
ENV 13670-1:2000, раздел 8.5 (Евросоюз)	Температура бетона выше 0°С, но ниже пиковой 65°С	Набор бетоном 50% марочной прочности	До набора бетоном прочности 5 МПа температура бетона не опускалась ниже 0°С
ACI Committee 347, Guide to formwork to concrete, пункт 3.7.2.1	Горизонтальные поверхности (плиты перекрытий)	Набор бетоном 70% марочной прочности	
ACI Committee 347, Guide to formwork to concrete, пункт 3.7.2.2	Опалубка балок шириной до 76 см	3 дня	При среднесуточной температуре более 10°С
	Опалубка балок шириной более 76 см	4 дня	При среднесуточной температуре более 10°С

Исходя из сравнения нормативных сроков безопасных условий снятия опалубки можно констатировать, что в стандартных условиях дачного строительства при заливке фундамента при среднесуточной температуре от **+15°С** и выше, при условии достаточного увлажнения бетона (полив водой и укрытие полиэтиленовой пленкой), при использовании качественного портландцемента, минимально безопасный срок снятия опалубки составляет **6-7 дней**. При наборе прочности в других условиях следует ориентироваться на сроки набора бетоном **50-80%** марочной прочности.

Более точные данные о необходимом сроке выдерживания бетона в опалубке можно получить, зная соотношение среднего значения прочности бетона на сжатие после **2 дней** выдержки и **28 дней**. Эти данные можно узнать у производителя бетона при заказе готового бетона. Сроки выдержки бетона отличаются в зависимости от среднесуточной температуры поверхности бетона (окружающего воздуха).

Таблица №74. Безопасные сроки распалубки по нормам DIN 1045-3*

Среднесуточная температура, Т°С	Минимальная продолжительность выдержки бетона в днях		
	>=50%	>=30%	>=15%
>= 25	1	2	2
25 >Т>=15	1	2	4
15 >Т>=10	2	4	7
10 >Т>=5	3	6	10

*DIN 1045-3, Конструкции несущие из бетона, железобетона и напряженного бетона. Часть 3. Конструкционное исполнение.

При снятии опалубки (распалубке) не допускается срыв опалубки при помощи подъемных механизмов и любое другое ударное приложение силы, способное повредить бетон.

При начале снятия опалубки необходимо оценить, не привело ли удаление щитов к деформациям, появлению трещин или нарушению целостности фундамента.

Нормативы оценки поверхности готового бетона.

На поверхности фундамента не допускаются раковины диаметром более 15 мм и глубиной более 5 мм, околы бетона ребер глубиной более 10 мм и общей длиной более 100 мм на 1 м ребра, местные наплывы бетона и впадины высотой и глубиной более 5 мм, трещины, за исключением усадочных трещин не более 0,1 мм и обнажение арматуры [пункт 3, ТР 94.03.1-99].

Схема №34 Допустимые отклонения геометрических параметров монолитного фундамента по СНиП 3.03.01-87 п. 2.112 - 2.113, табл. 11

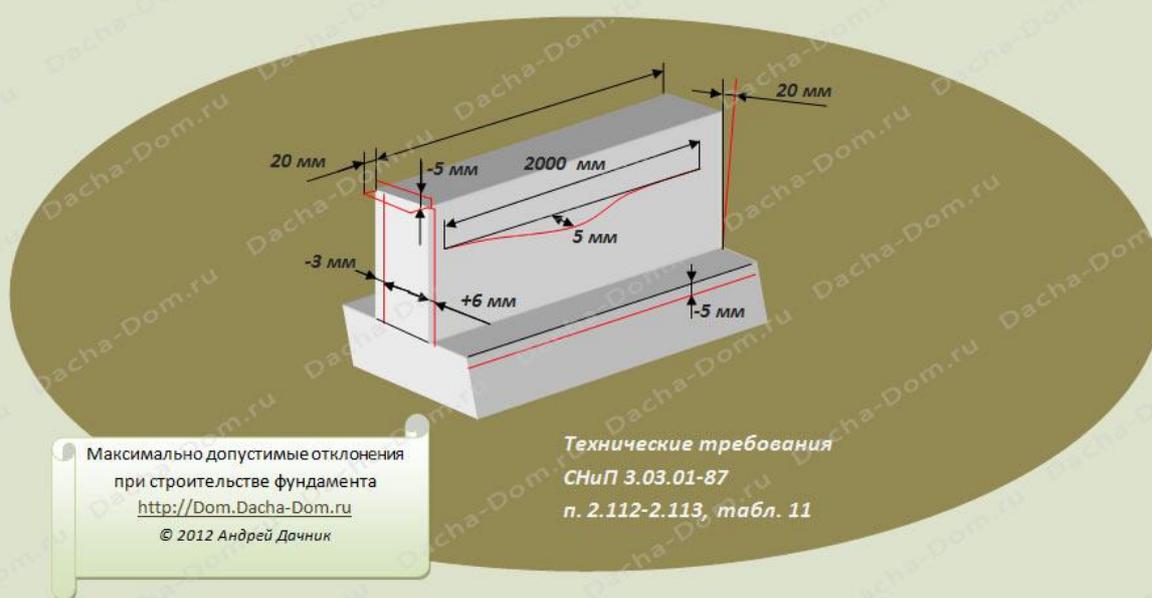


Таблица №75. Допустимые дефекты бетонных поверхностей ГОСТ 13015.0-83

Категория бетонной поверхности	Диаметр или наибольший размер раковин, мм	Высота местного напыла (выступа) или глубина впадины, мм	Глубина окола бетона на ребре, измеряемая по поверхности блока, мм	Суммарная длина околлов бетона на 1 м ребра, мм
A3 лицевая, под окраску	4	2	5	50
A5 лицевая, под отделку плитками	Не регламентируется	3	10	100
A6 лицевая без отделки	15	5	10	100
A7 нелицевая, невидимая в условиях эксплуатации	20	Не регламентируется	20	Не регламентируется

Трещины в бетоне

Трещины, появляющиеся в бетоне, могут ухудшить его прочность, снизить несущую способность, ухудшить пригодность к использованию и внешний вид, снизить расчетную долговечность сооружения. Не во всех случаях можно избежать образования трещин в бетоне. Однако не все трещины являются опасными. Предельно допустимыми величинами трещин для фундаментов являются трещины шириной

0,15-0,18 мм [ACI-224, 1972]. По отечественным нормам допускается наличие в конструкциях из тяжелого бетона в условиях попеременного замораживания и оттаивания усадочных и других поверхностных технологических трещин, ширина которых не должна превышать **0,1 мм** [пункт 5.2.3.2 ГОСТ 13015-2003]. По немецким нормативам считается, что поверхностные трещины, расположенные перпендикулярно осей рабочей арматуры раскрытием до **0,4 мм** и вдоль арматуры раскрытием до **0,3 мм**, как правило, не приводят к значительному снижению долговечности бетона. Однако нужно контролировать величину их раскрытия и следить за тем, чтобы они вовремя ремонтировались.

Трещины в бетоне образуются в результате воздействия внешней нагрузки на бетон или в результате возникновения внутренних напряжений в бетоне.

Трещины от внешних нагрузок

Трещины от внешних нагрузок чаще всего связаны с деформациями под воздействием внешних сил, которые превышают величину предельного сопротивления бетона нагрузке. К трещинам такого типа относятся трещины на изгибе, трещины сдвига, сквозные трещины и трещины при соединениях.

Трещины на изгибе проходят перпендикулярно по отношению к продольной оси рабочей арматуры, подвергаемой растяжению при изгибе. Такие трещины начинаются с края растянутой зоны и заканчиваются в зоне нулевой линии.

Трещины сдвига проявляются в зоне поперечного усилия и образуются из трещин на изгибе. В большинстве случаев трещины сдвига проходят диагонально по отношению к оси арматурных стержней.

Сквозные трещины проявляются при центральном растяжении или при возникновении растягивающего напряжения с небольшой внецентричностью. Такие трещины проходят через все поперечное сечение бетонного элемента.

Трещины при соединениях чаще всего возникают в области соединения и анкеровки арматурных стержней. Такие трещины проходят параллельно стержням арматуры. Такой вид трещин проявляется при неправильной анкеровке арматуры в углах ленточного фундамента и может привести к отслоению защитного слоя бетона.

Трещины такого типа могут образовываться в ленточном фундаменте при деформации опоры: просадке грунта, пучении грунта, подъеме грунта при водонасыщении, сжатию грунта при дренировании. На ранних этапах бетонирования трещины могут возникнуть из-за плохо рассчитанной или закрепленной опалубки, неоправданно раннем приложении внешней нагрузки до набора бетоном необходимой прочности.

Способствовать возникновению трещин от внешних нагрузок может неправильный выбор сечения арматуры и ее расположение, недостаточное уплотнение бетонной смеси вибрированием, а также недостаточное или неправильное выдерживание бетона. Чаще всего наблюдается комбинация нескольких причин возникновения трещин.

Трещины от внутреннего напряжения

Внутреннее напряжение может возникнуть в результате разницы температур поверхности бетона и его внутреннего ядра. Разница в температурах, вызывающая внутренние напряжения в бетоне может быть вызвана как чрезмерным охлаждением поверхности бетона при воздействии холодного воздуха, воды. Ветра, так и при выделении значительного количества тепла при гидратации большой массы цемента в бетоне. Напряжения, образуемые в результате разности температур между ядром и краями бетонного элемента, могут превысить прочность бетона и вызвать появление трещин. Чаще всего в этом случае образуются поверхностные трещины. Они могут уходить вглубь на несколько сантиметров и через несколько недель могут снова закрыться при выравнивании разницы температур в бетоне.

Другая причина появления трещин – это напряжения, возникающие при высыхании наружного слоя бетона под воздействием ветра, температур воздуха ниже температуры бетона, воздействия солнечных лучей или высокой температуры воздуха.

Для профилактики возникновения трещин от внутренних температурных напряжений при бетонировании массивных бетонных элементов (минимальный размер которых по одной из осей более **80 см**) можно порекомендовать использовать низкотермичный цемент (маркировка LH), например шлакопортландцемент СЕМ III/B 42,5 N (LH). Этот цемент объединяет в себе хорошую прочность с

благоприятным выделением тепла при гидратации. Также можно применять цемент с очень низкой теплотой гидратации (обозначается буквами VLH).

Вторым способом снижения температуры бетонного ядра при гидратации цемента является использование бетонной смеси температурой не выше $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Низкая температура свежеприготовленной бетонной смеси оказывает положительное влияние на удобоукладываемость, действие добавок и конечную прочность.

Таблица №76. Причины образования трещин в бетоне*

Причины образования трещин	Признаки трещин	Период образования трещин	Профилактика и устранение трещин
<p>Усадка свежего бетона.</p> <p>Результат быстрого уменьшения объема поверхностного бетонного слоя вследствие обезвоживания из-за низкой влажности, ветра, солнца или пониженной температуры воздуха по отношению к температуре бетона.</p>	<p>Продольные трещины над верхней арматурой: в зависимости от обстоятельств ширина трещин составляет несколько миллиметров; глубина трещин в целом незначительная, при неблагоприятных условиях несколько сантиметров</p>	<p>В течение первых часов (1-2 часа) после бетонирования до тех пор, пока бетон сохраняет пластичность</p>	<p>Тщательный подбор состава бетонной смеси.</p> <p>Повторное вибрирование до начала схватывания цемента.</p>
<p>Преждевременная пластичная усадка.</p> <p>Возникает в результате высыхания и сжатия наружной поверхности бетона, которой препятствует ядро не высохшего бетона внутри. Начинает сжиматься, однако еще не высохший внутри бетон препятствует этому.</p>	<p>Поверхностные трещины часто без ярко выраженной направленности, в зависимости от обстоятельств ширина трещин превышает 1 мм, глубина трещин незначительная</p>	<p>В течение первых часов (1-2 часа) после бетонирования до тех пор, пока бетон сохраняет пластичность</p>	<p>Предотвращение быстрого высыхания с помощью укрытия пленкой и увлажнения поверхности</p> <p>Повторное вибрирование до начала схватывания цемента.</p>
<p>Выделение теплоты гидратации.</p> <p>Теплота, выделяющаяся при гидратации массивных бетонных элементов, нагревает ядро бетона, в то время как оболочка охлаждается при контакте с наружной средой. Разница температур ведет к образованию сжимающего напряжения, а по краям – к образованию растягивающего напряжения.</p>	<p>Поверхностные трещины, сквозные трещины, трещины при изгибе, в зависимости от обстоятельств свыше 1 мм</p>	<p>В течение первых дней после бетонирования</p>	<p>Подбор бетонной смеси, охлаждение бетона, устройство деформационных швов</p>
<p>Усадка в результате высыхания</p>	<p>Поверхностные трещины, сквозные трещины, трещины при изгибе, в зависимости от обстоятельств - свыше 1 мм</p>	<p>Через несколько недель или месяцев после бетонирования</p>	<p>Подбор бетонной смеси, армирования, устройство деформационных швов</p>
<p>Температурные деформации</p>	<p>Трещины при изгибе и сквозные трещины, в зависимости от обстоятельств - свыше 1 мм, возможны также поверхностные трещины</p>	<p>В любое время при изменении температурных условий</p>	<p>Армирование, состав бетонной смеси, предварительное напряжение арматуры, деформационные швы</p>

Причины образования трещин	Признаки трещин	Период образования трещин	Профилактика и устранение трещин
Механические деформации	Трещины при изгибе и сквозные трещины, в зависимости от обстоятельств - свыше 1 мм,	В любое время при деформации опоры	Армирование, состав бетонной смеси, предварительное напряжение арматуры, деформационные швы
Собственное напряженное состояние	Различные.	В любое время при возникновении растяжения	Правильное армирование
Внешняя нагрузка	Трещины при изгибе, сквозные и микротрещины, трещины сдвига	В любое время	Правильное армирование
Мороз	Преимущественно трещины вдоль арматуры и/или растрескивания в зоне пустот, наполненных водой	В любое время при морозе	Виброуплотнение бетонной смеси при укладке. Профилактика умышленной порчи со стороны рабочих (замурованные бутылки с водой)
Коррозия арматуры	Трещины вдоль арматуры и по углам строительных элементов, растрескивания	Через несколько лет	Соблюдение защитного слоя бетона, отсутствие выпусков арматуры в грунт.

* по данным спецификации «Предупреждение образования трещин в железобетоне и предварительно напряженном бетоне» Немецкого союза производителей бетона, г. Висбаден, 1996.

Мелкий ремонт трещин на свежем бетоне

Трещины, появившиеся в свежем бетоне после укладки до начала его схватывания (срок **1-2 часа** от смешения компонентов бетонной смеси) устраняются с помощью повторного вибрирования.

Трещины, обнаруженные после начала схватывания, можно ремонтировать путем втирания в щели цементного раствора (**3 кг цемента на 1 л воды + пластификатор**) или специального ремонтной смеси.

Трещины в виде сетки, обнаруженные позднее, после твердения поверхности бетона на рубеже **8 часов** можно отремонтировать следующими способами:

- Трещины затираются куском пеностекла или металлической щеткой для очистки бетона от наслоений.
- Поверхность очищается щеткой, пылесосом или струей воздуха.
- Поверхность с трещинами покрывается цементным ремонтным составом (например, Ceresit CN83).
- После застывания раствора еще раз затереть поверхность пеностеклом или металлической щеткой

Неподвижные сквозные трещины можно отремонтировать следующим образом:

- Расшить трещину, освободить свободные частицы механическим воздействием и прочистить раскрытую трещину стальной щеткой и обдуть струей воздуха.
- Вдавить в трещину ремонтный состав с мелкозернистым песком и выровнять шпателем заподлицо с поверхностью бетона.
- После схватывания затереть пеностеклом или металлической щеткой.

Трещины в бетоне, где возможен контакт с грунтовыми водами, ремонтируются с помощью инъекций специальных средств гидроизоляции.

Гидроизоляция и защита поверхности бетона от коррозии

Зачем нужно защищать фундамент от факторов внешней среды? Можно и не защищать. Только в этом случае, допустим, при наличии постоянной повышенной влажности грунтов или кислой среды почвы, ваш монолитный железобетонный фундамент может разрушиться всего за **40 - 50 лет** эксплуатации [МДС 12-34.2007].

Как же обеспечить длительный заданный срок службы железобетонного фундамента? Есть две группы факторов защиты железобетона:

Первичные факторы защиты, обусловленные подбором характеристик компонентов бетонной смеси (подбор цемента, плотности бетона, введение химических добавок, вибрирование). Такие факторы особенно важны при заведомой невозможности применения вторичных факторов защиты из-за недоступности поверхностей фундамента (щелевой, траншейный заглубленный фундамент), при строительстве на химически агрессивных грунтах.

Вторичные факторы защиты железобетона применяются в тех случаях, когда первичной защиты за счет свойств бетона недостаточно. Чаще всего при использовании термина «гидроизоляция фундамента» дачные строители имеют в виду как раз один из способов вторичной защиты железобетона. Гидроизоляция связана с созданием на поверхности или в толще бетона дополнительного защитного слоя.

Гидроизоляция может быть выполнена из рулонных материалов, из мастик, из растворов, смесей и гидрофобных порошков и из полимерных листов. По виду нанесения материала гидроизоляция делится обмазочную (окрасочную) штукатурную, наплавляемую, наклеиваемую, инъекционную и пропиточную.

При выборе оптимальной схемы защиты железобетона фундамента следует иметь в виду, что:

- Степень агрессивности факторов грунта может увеличиться в процессе эксплуатации здания,
- Уровень грунтовых вод и величина подпора водяного столба может увеличиться в процессе эксплуатации здания,
- Срок службы изолированных средств защиты не так уж и велик и зависит от степени агрессивности факторов грунта: от **7** до **12 лет** для пленочной и мастичной гидроизоляции и от **3**

до **7 лет** для рулонной гидроизоляции и штукатурки [СНиП 2.03.11-85]. Технониколь указывает для ряда своих гидроизоляционных материалов срок службы до 35 лет.

- При комбинации можно добиться необходимости капитального ремонта раз в **60 лет** при слабоагрессивных факторах и раз в **35 лет** на грунтах с агрессивными химическими факторами.
- При неизвестных свойствах грунта следует выбирать максимальную возможную степень защиты по критериям финансово-экономических возможностей.

Таблица №77. Рекомендации по выбору типа изоляции*

Требования к изоляции	Торкрет-штукатурка		Битумная		Битумно-полимерная			Асфальтовая		Полимерная			
	На цементе	С полимерными добавками	окрасочная	пропиточная	оклеечная	окрасочная	пропиточная	оклеечная	холодная	горячая	Горячая литая	окрасочная	оклеечная
Напор вод:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
капиллярный	-	-	++**	-	-	++	-	-	+	~	-	-	-
До 10 м	+	+	+(до 3 м)	+	+	+	+	+	+	+	~	+(до 5 м)	~
Более 10 м	+	++	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
При работе на отрыв	+	++	-	+	С анкер овкой	-	+	С анкер овкой	++	-	С анкер овкой	++	++
Химическая агрессивность:													
выщелачивание	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	~	~
общекислотная	-	-	+	+	+	+	+	+	~	++ (под бор состава)	++	++	++
углекислотная	+	+	+	+	+	+	+	+	~	+	+	+	+
магнезиальная	-	+	+	+	+	+	+	+	~	+	+	+	+
сульфатная	-	+	+	+	+	+	+	+	~	+	+	+	+

Электрохимическая (при заземлении арматуры)	-	-	С	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Трещины													
Бетон без трещин	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	-	+	-
Трещины до 0,3 мм	С арм иро ван ием	+	С арми рован ием	-	+	С арми рован ием	-	++	+	+	-	С арми рован ием	-
Род воздействий													
Надземная зона	+	+	Подбор состава	+	Механическая защита	Подбор состава	+	+	+	-	-	Подбор состава	+
Подземная зона	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+
Применимость зимой	Подбор состава	Подбор состава	Подбор состава	+	Подбор состава	Подбор состава	Подбор состава	Подбор состава	Подбор состава	Подбор состава	++	Подбор состава	Подбор состава

* Таблица адаптирована из Приложения 7 Пособия по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.11-85).

**Зеленый фон означает лучший выбор способа гидроизоляции по заданному критерию.

Как видно из приведенной выше таблицы, защиту бетонных поверхностей следует выбирать в зависимости от вида и степени агрессивного воздействия среды.

В неагрессивных грунтах требуется защита только боковой и верхней поверхности фундамента, при условии, что ленточный фундамент имеет песчаную или бетонную подготовку. При применении рулонной изоляции для защиты боковых поверхностей, ее необходимо заводить под подошву фундамента.

Порядок работ по защите железобетонного фундамента

Подготовка к гидроизоляционным работам на фундаменте включает в себя:

- водопонижение (водоотведение и дренирование) до уровня **50 см** ниже нижней отметки гидроизоляции,
- подготовка поверхности фундамента (очистка, заделка дефектов, выравнивание, штукатурка, сушка и грунтование),

Бетонная поверхность фундамента перед нанесением гидроизоляции должна быть сухой и ровной, без раковин и выбоин. При подготовке поверхностей к гидроизоляции потеки бетона, концы арматуры, острые углы и фаски срубают и зачищают, раковины, углубления и другие неровности заделывают. Затирка поверхностей сборных железобетонных блоков должна быть частичной, толщиной до **10 мм**. При температуре окружающей среды ниже **+5°C** цементно-песчаные растворы для затирки и заделки неровностей должны быть марки не ниже М100 и иметь в составе противоморозные добавки (нитрит натрия, поташ и др.) в количестве до **10%** массы цемента в зависимости от температуры воздуха при укладке. Эти растворы приготавливают непосредственно перед нанесением.

Грунтовка основания

Для тех видов гидроизоляции, которые будут иметь сцепление с поверхностью бетона (обмазочная, оклеечная, наплавляемая), необходимо его предварительно грунтовать.

Грунтовки (праймеры) наносят по ровной, отвердевшей, сухой и обеспыленной поверхности с помощью валика, кисти или распылителя сплошным равномерным слоем с расходом от **400 до 500 г/м²**. Последующий слой грунтовки наносится только после высыхания предыдущего.

Все используемые металлические изделия (сетки) должны быть очищены от ржавчины, обдuty сжатым воздухом, промыты водой, установлены по месту, натянуты и прикреплены к анкерам, выпускам арматуры, штырям, заделанным в изолируемую поверхность. Для крепления можно использовать только оцинкованные крепежные детали и элементы.

Все гильзы для пропуска через фундамент коммуникаций должны быть установлены до начала гидроизоляционных работ.

Рулонная оклеечная гидроизоляция

Для рулонной оклеечной гидроизоляции используют битумно-полимерные, полимерные и полиэфирные материалы (например, продукция Технониколь и т.п.). Этот вид гидроизоляции применяют для защиты сооружений, подверженных действию напорных до **6,5 – 8 кгс/см²** подземных вод со стороны подпора. Используется от двух до четырех слоев рулонного материала толщиной по **2 мм**. Это один из самых надежных способов гидроизоляции в расчете на возможные деформации.

Рулонные материалы наклеивают на битумных мастиках. Мастику сначала наносят на изолируемую поверхность слоем 1 мм, затем таким же слоем на рулонное полотно и приклеивают на поверхность. Горячие битумные мастики наносят небольшими порциями, полосами шириной от **40 до 60 см**, разравнивая, избегая разбрызгивания и наплывов. При этом между нанесением клеев и приклейкой рулонов необходимо соблюдать технологическую выдержку, обеспечивающую сцепление приклеивающих составов с основанием.

Рулонная наплавляемая гидроизоляция

Рулоны для наплавляемой гидроизоляции содержат мастичный слой, нанесенный при изготовлении материала (например, Икопал). Перед наклейкой гидроизоляции мастичный слой расплавляют горелкой

с пламенем при температуре **140-160°C** с одновременной раскаткой рулона и наклейкой. Работы должны производиться при температуре воздуха не ниже **+5°C**.

Фотография №4. Рулонная наплавляемая гидроизоляция Isoral.*



** На фото пластины гидроизоляции наплавлены неправильно – вертикально. Они должны наплавляться горизонтально, начиная с нижней части, чтобы верхние пластины ложились с нахлестом на нижние.*

Для обоих видов рулонной гидроизоляции необходимо прошпаклевать битумной мастикой швы нахлестки материала. Наклеивание полотнищ в горизонтальном направлении на вертикальных поверхностях следует производить рядами снизу вверх. Наклеивание в вертикальном направлении на вертикальных и наклонных поверхностях следует производить снизу вверх полотнищами длиной не менее **1,5 м**. Сопряжения полотнищ при многослойной гидроизоляции следует выполнять ступенчато, с нахлесткой верхним нижнего полотнища не менее **10 см**. Устройство стыков гидроизоляции в местах, труднодоступных для производства работ, не рекомендуется.

Пленочная рулонная гидроизоляция

Гидроизоляцию из пленочных рулонных материалов приклеивают на основание полимерными клеями к грунтованному основанию с нахлестом не менее **8 см** и дополнительной проклейкой кромок. Существуют варианты пленок с самоклеющимся слоем.

Обмазочная (окрасочная) гидроизоляция

Обмазочная гидроизоляция мастиками применяется при подпоре воды не более **2,6 кгс/см²** для подземных сооружений, не подверженных деформациям и доступных для периодического осмотра и

ремонта гидроизоляции. Гидроизоляция холодная из битумных мастик, горячая из асфальтовых смесей, из портландцементных растворов применяется только при отсутствии напора воды. Гидроизоляция горячая из асфальтовых смесей применяется при напоре воды до $1,3 \text{ кгс/см}^2$. Гидроизоляцию наносят со стороны подпора воды по грунтовке, как правило, **2 - 3 слоями** толщиной по **1,5 - 2 мм**. Для сооружений, находящихся в водонепроницаемых грунтах при отсутствии дренажа, эта гидроизоляция, как правило, не применяется.

Наиболее надежны горячие битумно-полимерные и холодные эпоксидно-каучуковые покрытия. Наносят мастики валиками, кистями или шпателями послойно, параллельными полосами на грунтованную поверхность бетона. Каждый слой гидроизоляции должен быть сплошным, без разрывов, равномерной толщины. Для ускорения сушки поверхность можно обдуть слабой струей холодного или подогретого воздуха (из строительного фена на должном расстоянии).

Для увеличения прочности при имеющихся трещинах на бетонной поверхности раскрытием до **0,3 мм** наносимый слой мастики армируют стеклосеткой, которую расстилают с нахлестом **3 см**. Применение стеклосетки также рекомендуется в местах примыканий и в местах перехода горизонтальных и вертикальных поверхностей. При гидроизоляции горизонтальных поверхностей фундамента обмазочные составы заводят единым слоем покрытия на вертикальные поверхности не менее чем на **15 см**. Обмазочные гидроизоляционные составы следует наносить при температуре окружающей среды не ниже **+5** или **+10 °C** (зависит от вида состава).

Готовую гидроизоляцию из мастики необходимо выдерживать при температуре воздуха **+18 + 25°C** до полного завершения процессов полимеризации не менее:

- кремнийорганические составы – **1 суток**,
- эпоксидные - **7 суток**,
- составы на основе хлоркаучука, циклокаучука, хлорсульфированного полиэтилена, битумно-латексные и эпоксидные с растворителем - **10 суток**.

Штукатурная гидроизоляция

Гидроизоляция из водонепроницаемых безусадочных цементов способна выдерживать напор воды до **6,5 кгс/см²**. В общем случае гидроизолирующую штукатурку наносят по металлической сетке с размером ячеек от **10 x 10** до **20 x 20 мм** или стеклосетке в **2 - 3 слоя**. Каждый наносимой гидроизолирующей штукатурки должен устраиваться с учетом времени схватывания раствора после отверждения предыдущего: последующий не позднее чем через **30 минут** при применении растворов на основе расширяющих и безусадочных цементов, и через **40 мин** - коллоидных растворов. Толщина каждого штукатурного слоя должна составлять **6 - 10 мм** для растворов с расширяющим и безусадочным цементом, **3 - 7 мм** для коллоидных растворов. Оптимальную толщину слоя определяют пробной укладкой раствора с определением толщины, при которой не происходит оплывания нанесенного раствора.

Гидроизоляция из гидравлического цемента

Гидроизоляционные растворы на основе гидравлического цемента (типа испанского "Дизон") можно наносить по поверхности любой влажности, даже на поверхности под водой. Штукатурная сетка также не обязательна. Толщина гидроизоляционного слоя должна составлять **1,2 - 1,4 мм**. Расход раствора

составляет около **1,5 кг** на **1 м²** предварительно увлажненной поверхности. Следует учитывать, что срок схватывания такого раствора занимает не более **2 - 3 мин.**

Горячие асфальтовые смеси

Гидроизоляция горячими асфальтовыми смесями наносится на вертикальные поверхности фундамента основания слоями по **5 - 7 мм** снизу вверх, полосами высотой до **1,4 - 1,8 м** шириной до **20 м**. Горизонтальные поверхности покрываются слоями по **7 - 10 мм**. Каждый слой асфальтовой разравнивают и уплотняют, а последующий наносят только после остывания предыдущего. Сопряжения полос в каждом слое должны выполняться внахлестку на ширину не менее **20 см**, а в смежных слоях - вразбежку на расстояние не менее **30 см**.

Дренажная гофрированная гидроизоляция

Гидроизоляция из полимерных гофрированных дренажных листов может значительно снизить подпор воды снаружи и увеличить срок эксплуатации другого вида гидроизоляции с которым она применяется сочетано. Особенно актуальна дренажная функция гофрированного листа при защите фундамента на склоне, где возможен значительный подпор вод при сходе по склону. Такая дренажная гидроизоляция применяется при всех типах грунтовых вод.

Листы толщиной **1 - 2 мм** из полимерных (полиэтиленовых) гофрированных материалов типа "Дрениз", "Delta", "Dorken" крепятся к несущим (ограждающим) конструкциям на дюбелях, на шурупах или на клею.

Фотография №5. Дренажная гофрированная гидроизоляция Delta



Полимерные листы гофрированной стороной крепят к изолируемой наружной стене горизонтальными рядами, снизу вверх так, чтобы водоотводящие каналы располагались вертикально. Величина нахлеста в вертикальных и горизонтальных швах должна быть не менее **10 см**. Соседние листы могут быть склеены, например, полосами гидростеклоизола так, чтобы грунт при обратной засыпке не попадал в водоотводящие каналы.

При использовании пристеночной дренажной гидроизоляции обязательно устройство кольцевого дренажа для водоотведения от основания фундамента. Дренажные трубы укладываются на расстоянии **0,7 - 1,0 м**, засыпают песком на высоту не менее **0,3 м**. Полимерные листы заводятся в эту песчаную засыпку на глубину не менее **0,2 м**. Пристеночные дренажные листы засыпаются слоями грунта толщиной не более **0,2 м** каждый, с обязательным уплотнением каждого слоя ручными трамбовками (чтобы не повредить гидроизоляцию).

Сопряжение различных видов гидроизоляции

В ряде случаев возникает необходимость в устройстве сопряжений различных видов гидроизоляции, например, гидроизоляции рулонными материалами с гидроизоляцией мастиками. Такое сопряжение вполне допустимо. Сопряжение гидроизоляции рулонными материалами с окрасочной гидроизоляцией осуществляется наклейкой рулонов на окрашенную поверхность на полосе сопряжения шириной не менее **0,5 м** с дополнительным нанесением окрасочной гидроизоляции на пятно контакта.

Сопряжение гидроизоляции штукатурными растворами с оклеечной гидроизоляцией производится путем грунтовки штукатурки в месте сопряжения и наклейки на нее рулонов оклеечной гидроизоляции в пределах полосы шириной не менее **0,5 м**.

Защита гидроизоляции

Защитить слой гидроизоляции можно с помощью оштукатуривания, кладки из кирпича или блоков, или затиркой горячим песком с зернами **0,5 - 1,5 мм** по разогретой горелкой мастики сплошным слоем. Также защитой гидроизоляции может служить пристеночная гофрированная дренажная гидроизоляция или листы плотного экструдированного пенополистирола, наклеиваемого на слой гидроизоляции на плиточный клей.

Устройство гидроизоляции при отрицательных температурах

Гидроизоляционные работы на открытом воздухе не рекомендуется выполнять в зимних условиях. При необходимости работ в зимних условиях над местом работ строят обогреваемое укрытие, где поддерживают и температуру воздуха не ниже **+ 20 °С** для работы с мастиками и не ниже **+5 °С** для применения растворов на водной основе с противоморозными добавками. Составы с противоморозными добавками наносят толщиной не более **2 мм**, для их стабилизации следует делать перерывы в работе на **3 - 5 суток**. При этом изолируемую поверхность фундамента необходимо нагреть до набора положительной температуры. Гидроизоляционные материалы должны иметь температуру: рулонные - не ниже **+10 °С**, составы **+20 °С**, холодные мастики **+ 30 + 35 °С**, пропиточные составы **+ 25 + 80 °С**. В цементно-песчаные растворы при устройстве защитных стенок и стяжек рекомендуется вводить противоморозные добавки: нитрит натрия - **7%** от массы воды (при температуре воздуха до **минус 10 °С**); - поташ - **4,1%** (при температуре воздуха до **минус 5 °С**) и **8,6%** (при температуре **минус 5 - 15 °С**). Температура раствора с добавкой нитрата натрия должна быть в пределах **+10 + 15 °С**.

Обратная засыпка траншей и котлованов при выполнении гидроизоляционных работ допускается талым грунтом или сухим песком с тщательным послойным уплотнением; в грунте не должно быть мерзлых комьев.

Утепление фундамента и грунта

Утепление фундамента и грунта вокруг фундамента имеет две стратегические цели:

- На пучинистых грунтах: утепление фундамента и прилежащего грунта с целью «отодвинуть» в сторону от фундамента промерзание грунта, уменьшить глубину промерзания грунта и сократить тем самым величину зимнего подъема уровня грунта.
- На непучинистых грунтах: уменьшить теплотери отапливаемого дома через фундамент в холодный период года.

Заложение ленточного фундамента на глубину менее глубины сезонного промерзания грунтов возможно только при проведении "специальных теплотехнических мероприятия, исключающие промерзание грунтов" [пункт 2.29 СНиП 2.02.01-83, пункт 12.2.5 СП 50-101-2004]. В территориальных строительных нормах ТСН МФ-97 Московской области указывается, что при проектировании и устройстве мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных зданий рекомендуется "применение утеплителей, укладываемых под отмостку" с обязательной защитой их гидроизоляцией.

Рекомендации по утеплению фундамента и грунта имеют ограничения: стандарты утепления не распространяется на строительство на вечномерзлых грунтах и в районах со средней годовой температурой наружного воздуха (СГТВ) ниже 0°C или с величиной индекса мороза (ИМ) более **90000 градусо-часов**. Например, описываемые ниже меры по утеплению грунтов и фундаментов могут применяться в Мурманске (СГТВ= $+0,6^{\circ}\text{C}$) или Иркутске (СГТВ= $+0,9^{\circ}\text{C}$), но не могут использоваться в Сургуте, Туре, Ухте, Воркуте, Ханты-Мансийске, Магадане, Вилюйске, Норильске, Якутске или Верхоянске (СГТВ $< 0^{\circ}\text{C}$).

Также не требуется утепление фундаментов и грунтов с целью снижения морозного пучения и предупреждения деформации основания на непучинистых (гравелистых и крупно-песчаных) грунтах. Теоретической основой утепления грунта и фундамента в качестве меры по уменьшению морозного пучения, является представление о физических механизмах подъема уровня грунта при промерзании.

Морозное пучение – подъем уровня грунта в результате расширения замерзающей в толще грунта воды может иметь место только при сложении трех обязательных условий:

1. В грунте должен быть постоянный источник воды
2. Грунт должен быть достаточно мелкозернистым, чтобы смачиваться и удерживать воду.
3. Грунт имел возможность промерзнуть.

При замораживании водонасыщенного грунта в нем образуются линзы льда на границе раздела температур, и выше от него к промерзающей поверхности. При замерзании вода расширяется примерно на **9%**. Сила давления поднимающейся при замерзании почвы может варьироваться от **$0,2 \text{ кгс/см}^2$** для

песчаных грунтов до 3 кгс/см^2 , что вполне может уравновесить или превысить нагрузку от здания и вызвать деформацию ленточного фундамента. Ил (органический или неорганический грунт с особо мелкими частицами) способен расширяться при замерзании и при отсутствии постоянного притока воды (высокого уровня грунтовых вод). Величина морозного подъема илистых почв может составлять до **20%** от толщины промерзшего слоя.

Неотапливаемые подвалы и подполы подвергаются высокому риску разрушения вследствие подъема грунтов, сопряженного с примораживанием грунта к поверхностям стен подвалов и подполов. Вследствие примораживания образуется достаточно широкий слой плотной связи между грунтом и материалом стен. При морозном подъеме грунт способен разорвать непорочную кладку кирпича или фундаментных блоков. Поэтому на пучинистых грунтах, во-первых, рекомендуется устраивать монолитные заглубленные конструкции, а во-вторых, изолировать стеновой материал от промораживаемых пучинистых грунтов дренажным грунтом, дренажной пристеночной гидроизоляцией, утеплителем или слоем скольжения из пленочных материалов. Также наружное утепление подземных стен подвалов играет важную роль в предупреждении образования конденсата на внутренних поверхностях стен, и как следствия, образования плесени.

Вертикальное утепление наружных поверхностей фундамента **5 см** слоем экструдированного пенополистирола приводит к сокращению теплотерь здания через грунт примерно на **20%**. Хотя горизонтальное подземное утепление основания фундамента и прилежащего грунта незначительно влияют на теплотери здания, и потому может быть расценено как малоэффективное с точки зрения энергосбережения, такой вид утепления играет значительную роль в предупреждении промерзания подлежащих под фундаментом грунтов.

Методика утепления фундаментов на пучинистых грунтах

Схемы утепления фундаментов зданий отличаются в зависимости от режима их эксплуатации (отопления в холодное время года).

Для отапливаемых в холодное время года зданий (зданий в которых поддерживается круглогодично температура не ниже **+17°C**) схема утепления сочетает наружное вертикальное и горизонтальное утепление фундамента с предупреждением образования мостиков холода и отсутствием утепления полов по грунту. Неизолированные от грунта плавящие полы позволяют, с одной стороны лучше прогревать грунт под зданием, предупреждая его промерзание, а с другой стороны позволяют пользоваться накопленным теплом в массе грунтовой подсыпки и получать **1-2** «даровых» градуса геотепла.

Пояс горизонтального утепления на углах здания (из-за больших теплотерь по сравнению со срединной частью фундамента) должен быть либо большей ширины, либо, что практичнее при строительстве – большей толщины.

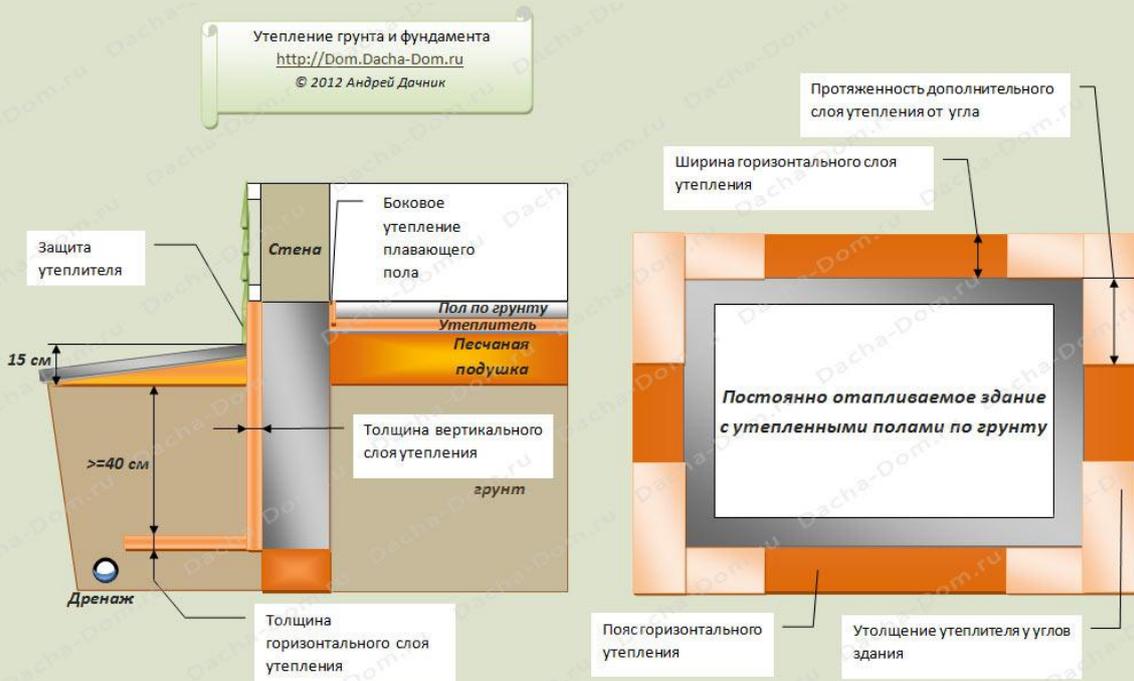
Ширина и толщина широко распространенного отечественного утеплителя Пеноплекс для утепления грунта и фундамента определяется по таблицам, приведенным в стандарте организации СТО 36554501-012-2008, исходя из индекса мороза (ИМ), характеризующего количество дней на данной территории с отрицательной температурой и величину отрицательных температур в градусо-днях.

Схема №36. Схема климатических зон европейской части России разделенных по Индексу Мороза (ИМ) *



* Схема приведена по Приложению А, СТО 36554501-012-2008

Схема № 37 Схема утепления постоянно отапливаемого в холодный период здания *



Если постоянно отапливаемый в холодное время года дом имеет теплоизоляцию пола от подлежащего грунта, то параметры утепления рассчитываются по следующей таблице:

Таблица №79. Параметры утеплителя ЭППС для постоянно отапливаемых зданий *

Расчетные параметры плит ЭППС (Пеноплекс) для постоянно отапливаемых зданий с теплоизоляцией пола					
ИМ, град.-ч	толщина вертикальной теплоизоляции, достаточная (обусловленная толщиной материала **) см	Горизонтальная теплоизоляция вдоль стен		Горизонтальная теплоизоляция на углах	
		ширина теплоизоляции, м	Толщина горизонтальной теплоизоляции (обусловленная толщиной материала **), см	длина утолщенных участков по углам здания, м	толщина горизонтальной теплоизоляции (обусловленная толщиной материала **), см
<35000	8,4 (10)	0,0	0,0	0,0	0,0
35000	9,1 (10)	0,3	1,8 (2)	1,2	2,5 (3)
40000	9,8 (10)	0,3	3,9 (4)***	1,2	5,4 (6)
50000	11,2 (12)	0,6	3,2(4)***	1,5	4,4 (5)
60000	12,6 (12)	0,9	5,6 (6)	2,0	7,8 (8)
70000	14,0	0,9	4,9 (5)	2,5	6,9 (8)
80000	15,4 (16)	1,2	7,4 (8)	3,0	11,0 (12)
90000	16,8 (18)	1,2	6,3 (7)	3,5	9,5 (10)
		1,5	9,1 (10)		13,7 (14)
		1,5 (1,8)	8,1 (10)		12,1 (13)
		1,8	11,2 (12)		16,8 (18)
		1,8	10,2 (12)		15,2 (16)
			13,3 (2)		20,0

* Таблица адаптирована с упрощением из Таблицы №1 СТО 36554501-012-2008

** Листы ЭППС (Пеноплекс) доступны толщиной 2,3,4, 5,6,8, 10 см. Скорее всего, в продаже будут листы толщиной 3, 5 и 10 см. Необходимая толщина утеплителя подбирается комбинацией толщин листов.

*** Варианты параметров утепления за счет большей ширины или большей толщины утеплителя.

Задача утепления грунта в неотапливаемых сооружениях (сооружения температура в которых в холодное время года менее +5°C) сводится к снижению промерзания подлежащего под фундаментом грунта. Поэтому сам фундамент не утепляется, а утепляется лишь грунт под ним, так чтобы исключить мостики холода к подлежащему грунту через сам фундамент. В данном случае теплотери здания в расчет не принимаются, и увеличение толщины горизонтального пояса утепления не требуется.

Многие дачи эксплуатируются в режиме переменного режима, когда отопление включается только во время периодических приездов, а большее время дом стоит без отопления. В этом случае схема утепления комбинирует утепление самого фундамента для снижения теплотери в период отопления и утепление всего подлежащего грунта для снижения промерзания в период без отопления. Имейте в виду, что если вы планируете поддерживать постоянно дом в режиме «незамерзания» +3 +5°C то такой дом не может классифицироваться как постоянно отапливаемый из-за недостаточной для прогревания грунта теплоотдачи.

Схема № 38 Схема утепления неотапливаемого в холодный период здания на пучинистых грунтах*



Такой дом требует утепления фундамента и грунта как дом с переменным режимом отопления. Параметры утепления для домов с переменным режимом отопления рассчитываются также как и для неотапливаемых домов. Дополнительного утепления по углам не требуется из-за непродолжительных периодов отопления.

Схема № 39 Схема утепления фундамента здания с переменным режимом отопления на пучинистых грунтах *

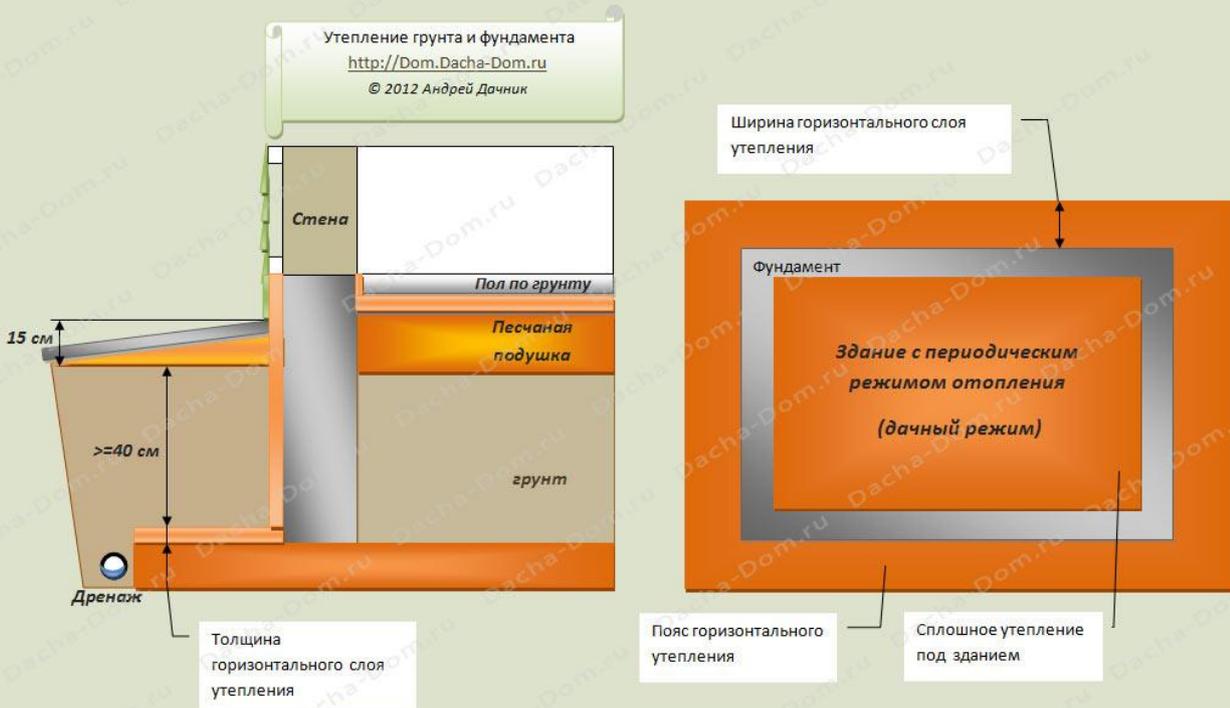


Таблица №80. Параметры утепления фундаментов неотапливаемых или периодически отапливаемых зданий на пучинистых грунтах*

ИМ, град.-ч	Среднегодовая температура воздуха, °С	Толщина горизонтальной теплоизоляции (обусловленная толщиной материала **), см	Ширина горизонтальной теплоизоляции, выступающей за пределы фундамента, м
10000	4,5	3,5 (4)	1,00
	6,0	3,5 (4)	
20000	3,0	4,9 (5)	1,41
	4,5	4,6 (5)	
	6,0	4,2 (5)	
30000	1,5	10,2 (12)	1,73
	3,0	8,1 (10)	
	4,5	6,7 (8)	
	6,0	5,3 (6)	
40000	0,0	15,8 (16)	2,00
	1,5	13,7 (15)	
	3,0	11,6 (12)	
	4,5	9,1 (10)	
	6,0	7,0 (8)	
50000	0,0	19,6 (20)	2,23
	1,5	17,5 (18)	
	3,0	14,7 (15)	
	4,5	11,6 (12)	
	6,0	9,1 (10)	
60000	0,0	23,5 (24)	2,45
	1,5	21,4 (22)	
	3,0	17,9 (18)	
	4,5	14,4 (15)	
70000	0,0	27,7 (28)	2,64
	1,5	25,2 (26)	
	3,0	21,4 (22)	
	4,5	17,5 (18)	
80000	0,0	32,2 (33)	2,83
	1,5	29,1 (30)	
90000	0,0	36,8 (38)	3,00

* Таблица адаптирована с упрощением из Таблицы №2 СТО 36554501-012-2008

** Листы ЭППС (Пеноплекс) доступны толщиной 2,3,4, 5,6,8, 10 см. Скорее всего, в продаже будут листы толщиной 3, 5 и 10 см. Необходимая толщина утеплителя подбирается комбинацией толщин листов.. Все округления делаются в сторону увеличения толщины утеплителя.

*** Варианты параметров утепления за счет большей ширины или большей толщины утеплителя.

Таблица №81. Пример параметров утепления фундамента и грунта для зданий с различным режимом эксплуатации на пучинистых грунтах.

Город / ИМ, град.-ч	Режим эксплуатации	Толщина вертикальной	Толщина горизонтальной	Ширина горизонтальной	Толщина горизонтальной	Протяженность утолщенного слоя
Ленинградская область						
50000	отапливаемое с утеплением пола	12	6	60	8	150
Среднегодовая температура +5 С	отапливаемое здание без утепления пола	6	6	60	8	120
	неотапливаемое или периодически	12	10-20	223	не требуется	не требуется
Московская область						
60000	отапливаемое с утеплением пола	12	7	120	10	200
Среднегодовая температура +5,8 С	отапливаемое здание без утепления пола	8	8	90	10	150
	неотапливаемое или периодически	12	15-24	245	не требуется	не требуется

Схема №40. Схема утепления грунта неотапливаемого в холодный период здания на пучинистых грунтах*

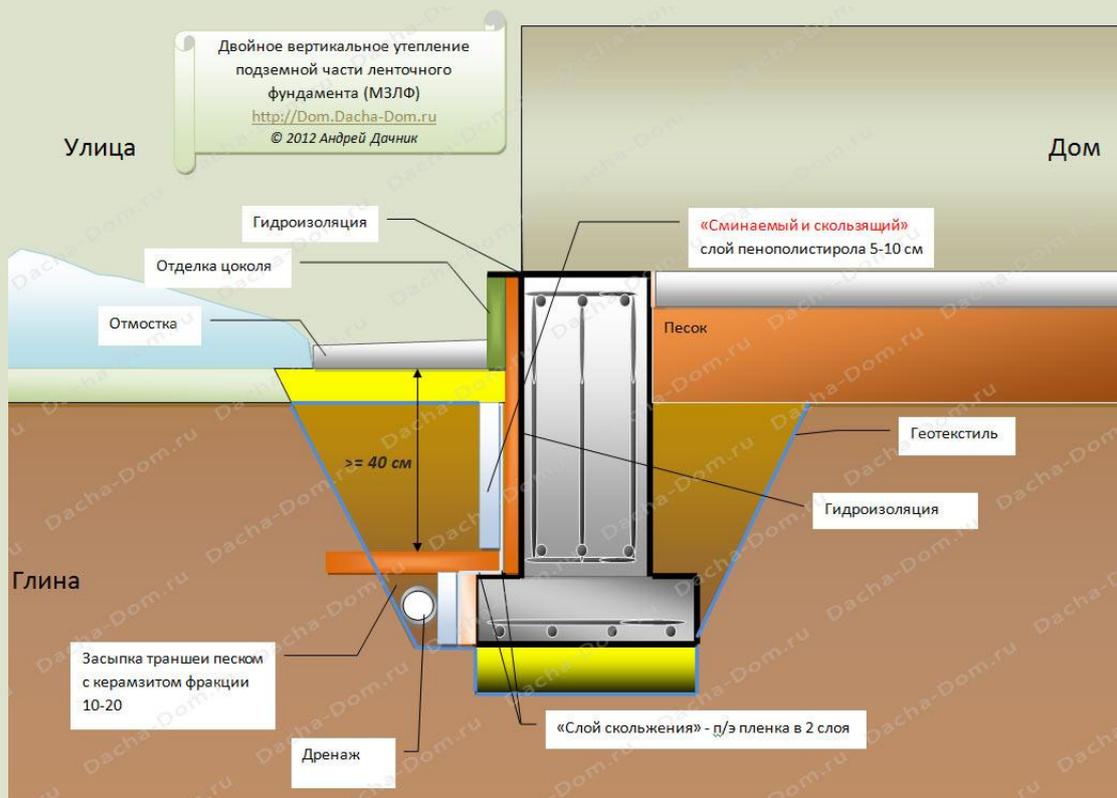


Если у отапливаемых зданий имеются холодные пристройки, например, террасы, гаражи, то горизонтальный пояс утепления охватывает все заблокированные с домом пристройки. Ее параметры на участке пристройки рассчитываются как для неотапливаемого здания. Также требуется теплоизоляция между фундаментами неотапливаемой и отапливаемых частей здания, для предупреждения теплопотерь через мост холода. Подлежащий грунт под неотапливаемой частью здания полностью изолируется утеплителем от фундамента.

Вариант двойного скользящего утепления фундамента на пучинистых грунтах

Утепление фундамента на чрезмернопучинистых почвах может выполнять еще и роль сминаемого амортизирующего слоя, для предупреждения деформация при горизонтальном расширении промерзающего грунта. Нами предложена (А. Дачник, 2012) простая схема двухслойного скользящего деформируемого утепления подземной части ленточного фундамента. Двойное скользящее утепление по такой схеме снижает силу трения при воздействии касательных сил на подземную часть ленточного фундамента, и принимает на себя деформации под воздействием горизонтальных составляющих сил морозного пучения. Также деформируемое скользящее двухслойное утепление снижает силу бокового морозного сцепления и подъема грунтом фундамента.

Схема №41. Схема двойного скользящего деформируемого утепления подземной части ленточных фундаментов на пучинистых грунтах. (А. Дачник, 2012)



Все доступные поверхности ленты и подушки защищены гидроизоляцией (обмазочная и наплавляемая, только обмазочная). Поверх гидроизоляции жестко закреплены листы экструдированного пенополистирола (ЭППС) толщиной **5-10 см**, выполняющего роль основного утеплителя. Поверх ЭППС уложено два слоя полиэтиленовой пленки, закрепленной в верхней части. Поверх полиэтиленовой пленки свободно уложены листы пенополистирола невысокой плотности (ПСБ-25), которые закрываются

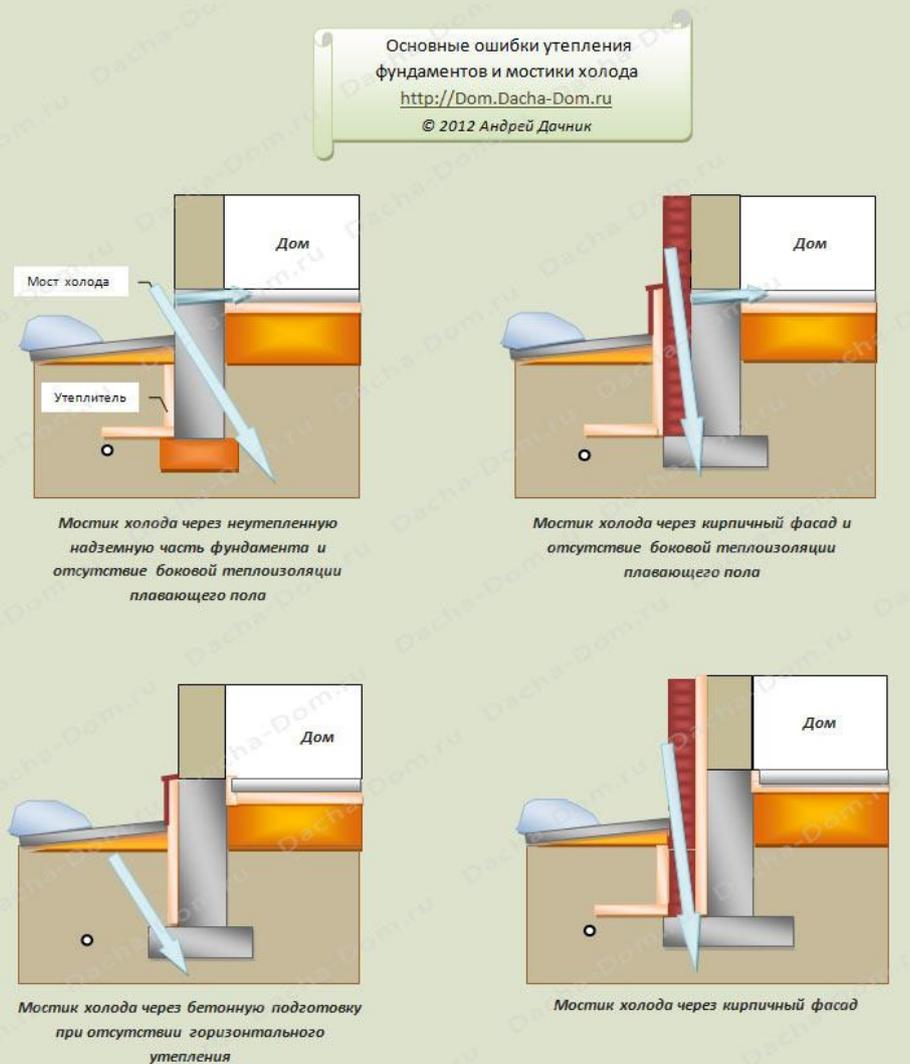
полиэтиленовой пленкой и прижимаются песком при обратной засыпке траншеи песком (песком с керамзитом). При воздействии касательных сил морозного пучения наружные незакрепленные листы пенополистирола скользят по пленке, снижая воздействия касательных составляющих сил морозного пучения на ленточный фундамент.

При воздействии горизонтальных составляющих сил морозного пучения, мягкий лист пенополистирола сминается, не передавая (снижая) действие сил на бетонную ленту фундамента. Если вы используете подземную пристеночную дренажную мембрану, то она также может взять на себя небольшие деформации и снизить силу трения грунта при морозном пучении.

Ошибки утепления фундамента и мостики холода

Основные ошибки при утеплении грунтов и фундаментов чаще всего сводятся к оставлению больших или малых неутепленных участков – мостиков холода. Мостики холода не только увеличивают теплопотери, но и повышают риск морозного пучения грунта.

Схема №42. Типичные ошибочные схемы утепления фундаментов.



Производство работ по утеплению фундамента и грунта

Укладка горизонтальных подстилающих слоев утеплителя осуществляется после отрытия траншей и необходимой планировки и уплотнения грунтов. Под листы утеплителя под плавающим полом и конструкциями фундамента укладывается пленочная гидроизоляция.

Вертикальное утепление фундамента осуществляется после окончания работ по гидроизоляции фундамента. Крепление плит утеплителя осуществляется поверх слоя гидроизоляции с помощью плиточного клея и пластиковых дюбелей. Отверстия под дюбеля в бетоне и гидроизоляции необходимо дополнительно уплотнять с помощью герметика или густой битумно-полимерной мастики. Утеплитель над уровнем земли обязательно укрывается от воздействия ультрафиолетовых лучей с помощью любого вида непрозрачной декоративной отделки (сайдинг, камень, плитка, металлические или деревянные панели).

Пояс горизонтального утепления вокруг фундамента укладывается поверх смонтированного кругового дренажа фундамента с засыпкой дренирующим грунтом и его планировкой и уплотнением. Сверху пояс горизонтального утепления также может прикрывается гидроизоляцией из пленки. Минимальный слой грунта над утеплителем, обеспечивающий его механическую сохранность составляет **40 см**.

В случае жесткой экономии средств рекомендуется произвести утепления грунта хотя бы на углах здания.

Утепление ненагруженного ленточного фундамента на зиму

При строительстве на пучинистых грунтах оставление малозаглубленного ленточного фундамента незагруженным на зимний период может привести чрезмерной его деформации при неуравновешенном нагрузкой от задания подъема грунтом (особенно неравномерным). Результатом такого подъема может быть образование трещин в фундаменте.

При вынужденном прекращении строительных работ и перспективе вхождения незагруженного малозаглубленного ленточного фундамента в зимний период незагруженным, требуется провести мероприятия по снижению промерзания подлежащих под фундаментом грунтов. Фундамент и прилегающий грунт требуется укрыть от осадков с помощью двойного слоя полимерной пленки и укрыть любым доступным утеплителем: Вокруг фундаментов следует устраивать временные теплоизоляционные покрытия из пенополистирола, опилок, шлака, керамзита, шлаковаты, соломы и других материалов, предохраняющих грунт от промерзания [пункт 6.6 ВСН 29-85]. Выпуски арматуры забетонированных конструкций должны быть укрыты или утеплены на высоту (длину) не менее чем **0,5 м**. Выставление снегозадерживающих щитов также снизит промерзание грунта, так как снег является прекрасным теплоизолятором.

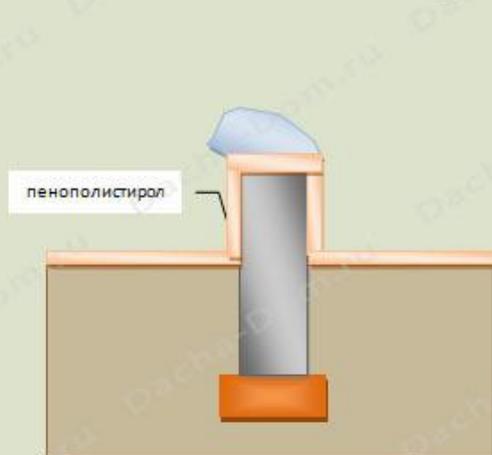
Уменьшив плотность грунта и его водонасыщение и промерзаемость можно и с помощью перекопки или вспашки грунта с последующим боронением (измельчением комков грунта) на глубину **10 - 15 см**.

Схема №43. Схема утепления ненагруженного малозаглубленного ленточного фундамента на зиму.

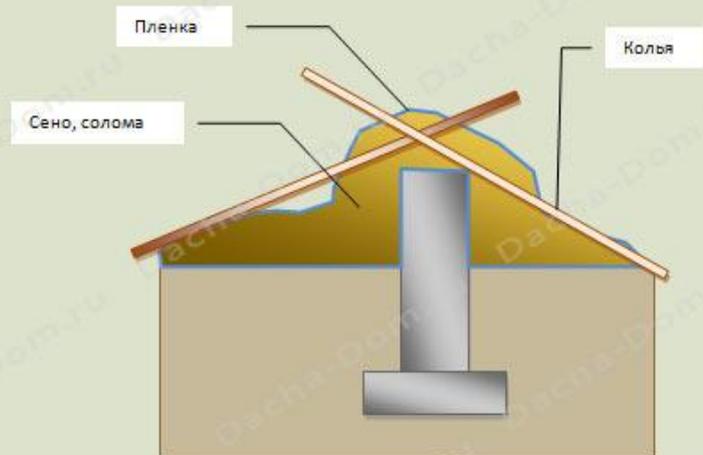
Утепление ненагруженного ленточного фундамента на зиму

<http://Dom.Dacha-Dom.ru>

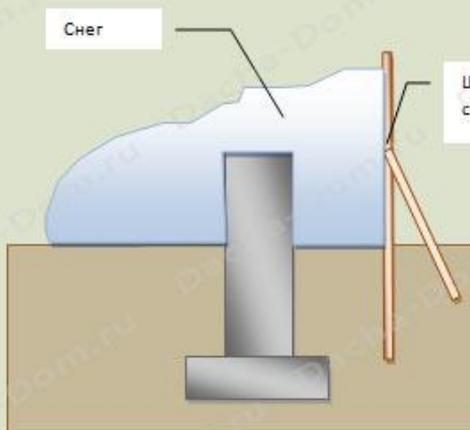
© 2012 Андрей Дачник



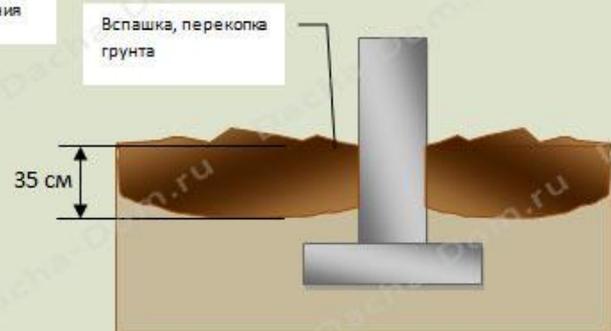
Горизонтальное утепление грунта вокруг фундамента и утепление надземной части ленты фундамента пенополистиролом. Крепление на участки плиточного клея.



Укрытие фундамента сеном или соломой с пленкой (опилками, стружкой, корой, шлаком и т.п.)



Утепление фундамента снегом



Утепление грунта перекопкой, вспашкой на глубину не менее 35 см. с последующим боронованием на глубину 10-15 см

В завершении книги я бы хотел кратко остановиться на двух редко рассматриваемых вопросах:

- выборе типа перекрытия пола первого этажа для ленточного фундамента,
- особенностях строительства малозаглубленных ленточных фундаментах на склонах (уклонах).

V. Перекрытия и полы по грунту для дома на малозаглубленном ленточном фундаменте.

Многие дачные строители в России стандартом для перекрытий по малозаглубленному ленточному фундаменту считают сборное деревянное перекрытие для деревянных и каркасных домов или бетонные монолитные плиты перекрытий для каменных домов.

Однако на самом деле и то и другое решение могут оказаться не самыми рациональными. Почему?

Во-первых, в подавляющем количестве случаев подпол в домах не имеет адекватной вентиляции, соответствующей строительным нормам. Это означает, что подпол будет являться резервуаром для накопления радиоактивного газа радона, о котором мы подробно говорили в соответствующей главе. Недостаток воздухообмена и неправильная эксплуатация подпола в зимний период (закрывание вентиляционных продухов) ведет к увеличению влажности в подпольном пространстве и, следовательно, к возрастанию риска повреждения деревянных перекрытий биологическим факторами, а бетонных - химическими факторами коррозии бетона.

Во-вторых, наличие подпольного пространства означает значительное увеличение площади теплопотерь дома в холодное время года, особенно если учесть традиционно недостаточную толщину утеплителя в полу (10-15 см вместо 20 см) при дачном строительстве в России.

Какой же тип перекрытия избавляет домовладельца от перечисленных выше проблем? Обратимся к зарубежному опыту. В Скандинавии, США и Австралии до 90% домов современной постройки имеют энергоэффективные полы по грунту. Существует два основных вида таких полов: в одном случае устраивается лежащая на песчаной утрамбованной подушке монолитная плита перекрытий, связанная с ленточным фундаментом (или сама плита является фундаментом), а в другом случае плавающая плита пола не связана с фундаментом и опирается лишь на грунтовую засыпку.

Какими преимуществами обладает данный вид перекрытий:

- При наличии гидроизоляции под плитой и засыпке подпольного пространства обеспечивается хорошая защита от диффузии почвенных газов в помещение.
- Подпольному пространству не требуется вентиляция, в нем не скапливается влага.
- Грунт в подпольном пространстве и сама бетонная плита пола служат термальной массой (аккумулятором тепла), что особенно актуально для зданий со стенами низкой теплоемкости (каркасные дома) как в холодный, так и в жаркий сезоны.
- Бетонный пол является удобной основой и термальной массой для системы отопления «теплый пол».
- Через грунт здание получает «даровое» геотепло в холодный период времени.
- Теплоизоляция засыпным грунтом и тепло из здания снижает промерзание подлежащих грунтов зимой, и снижают вероятность повреждения фундамента морозным пучением.
- Коммуникации, проложенные в засыпке под полом, не нуждаются в дополнительном утеплении.

- Бетонный пол, выполненный из архитектурного бетона, не требует никаких дополнительных напольных покрытий, так как имеет эстетичный внешний вид.
-

Фотография №7. Засыпка внутреннего пространства ленточного фундамента грунтом, утепление и гидроизоляция на стадии подготовки к устройству железобетонной плиты перекрытия.



Кратко рассмотрим особенности устройства бетонных полов по грунту:

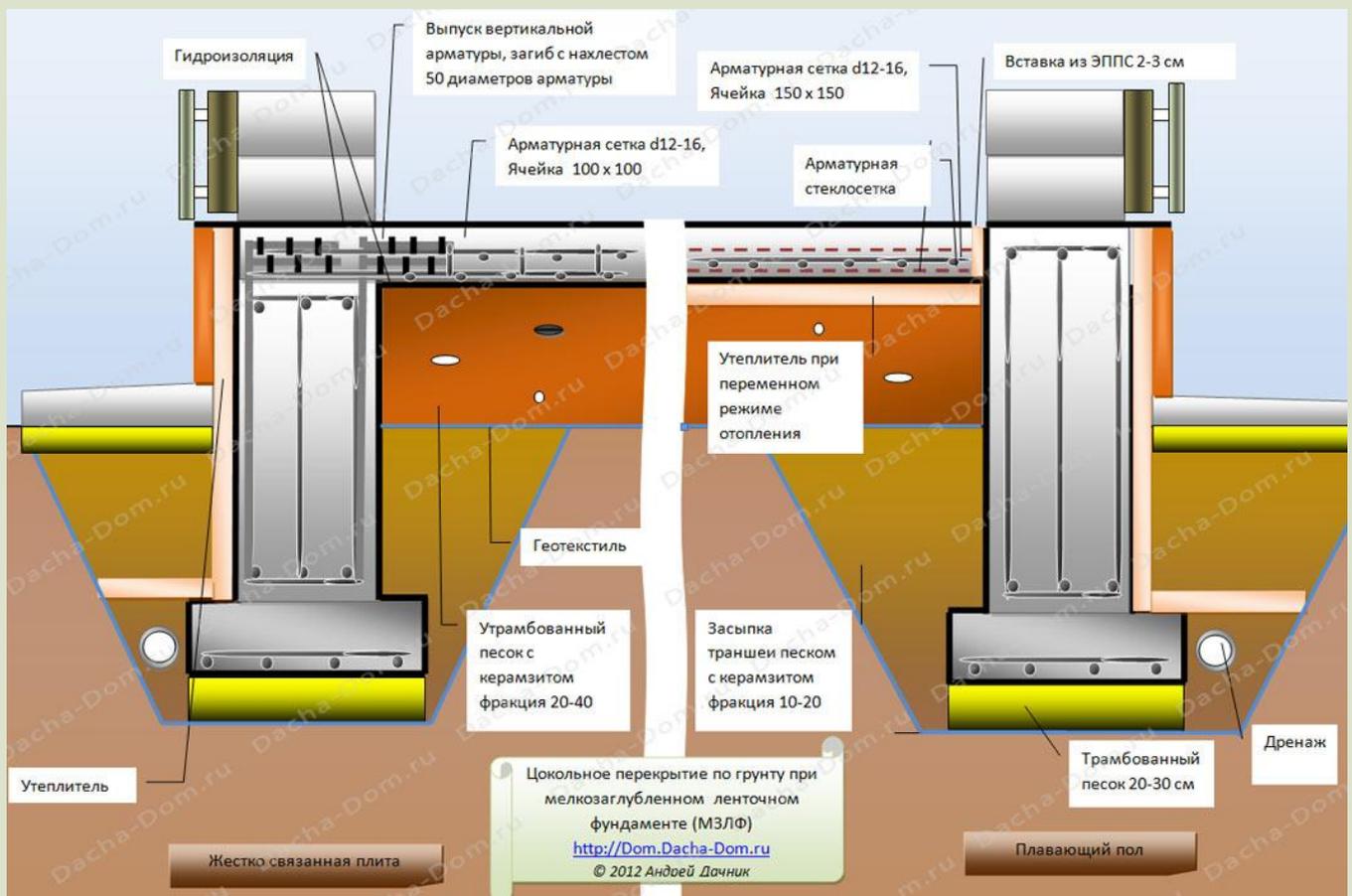
Все внутренние поверхности малозаглубленного ленточного фундамента должны быть покрыты слоем гидроизоляции. С грунта внутри контура ленточного фундамента должен быть снят плодородный слой, удалены корни, камни и мусор. Поверхность грунта должна быть выровнена. На грунт укладывается высокопрочная EPDM пленка, края ее заводятся на боковые стенки фундамента как минимум на **15 см** и приклеиваются. Внутреннее пространство ленточного фундамента засыпается песком слоями по **20 см** с тщательной трамбовкой каждого слоя. Сверху утрамбованный песок выравнивается, и укрывается слоем гидроизоляции (цельный кусок EPDM пленки или два слоя полимерной пленки с нахлестами **30 см** на стыках и проклейкой стыков). В зависимости от режима отопления и поставленных целей либо укладывается слой утеплителя (экструдированный пенополистирол), либо не укладывается. Поверх отливается связанная с лентой фундамента или несвязанная с ним монолитная бетонная плита.

В случае устройства связанной с фундаментом монолитной бетонной плиты, толщина ее составляет **12-15 см**. Арматурный каркас выполняется из двух слоев вязаной (**d12**) или сварной арматурной сетки (**d10 - d12**). Размер ячейки сетки при толщине плиты до **15 см** устанавливается от **100 на 100 мм до 200 на 200 мм** [пункт 8.3.6 СП 52-101-2003]. Арматурные сетки должны быть смещены в нижнюю (растянутую) часть плиты. При устройстве плавающего пола, плита изолируется от ленты фундамента прокладкой из утеплителя толщиной **30-50 мм**. Относительно тонкая плавающая плита, отливаемая из пескобетона, армируется сварной арматурной сеткой в один уровень и двумя дополнительными слоями (над и под стальной сеткой) арматурной стеклосетки. Толщина плиты составляет **8-10 см**. Арматурная сетка смещена в нижнюю (растянутую) зоны плиты.

Для бетонирования используется тяжелый или легкий (на пористых заполнителях – керамзит) бетон класса не ниже **B12,5 (M150)**.

Английские рекомендации предусматривают следующие толщины элементов пола по грунту: плавающая плита **15 см**, утеплитель – минимально **6 см** (для английского утеплителя Kingspan теплопроводностью **0,022Вт/мх°К**, для сравнения – теплопроводность отечественного Пеноплекса **0,031 Вт/мх°К**, а американского Roofmate (Dow) **0,029 Вт/мх°К**), стяжка поверх утеплителя – **7,5 см**. Верхняя стяжка должна быть изолирована от стен прослойкой из утеплителя толщиной минимум **2 см**.

Схема №44. Схема устройства цокольного перекрытия и полов по грунту в доме с ленточным фундаментом.



VI. Ленточный фундамент на склоне

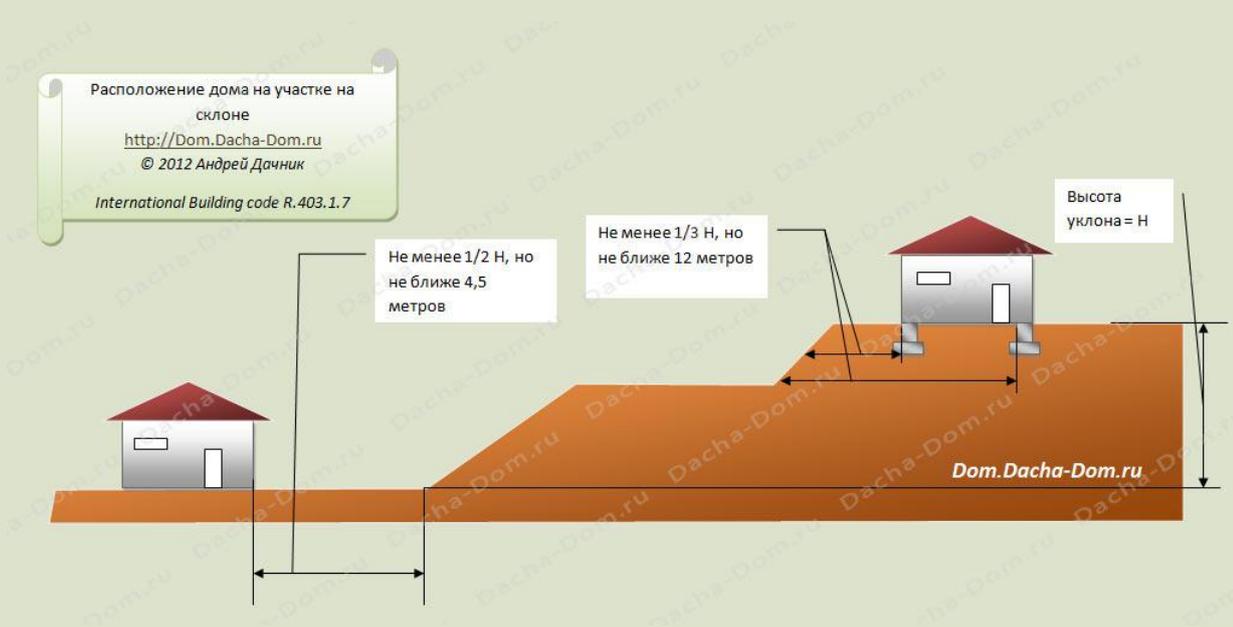
Довольно часто возникает необходимость построить дом на ленточном фундаменте рядом с уклоном рельефа. Как близко к краю склона можно ставить дом на обычном малозаглубленном ленточном фундаменте?

Требования к расположению зданий вблизи склонов регламентируются в разделе R403.1.7 Международного строительного кода [IBC/IRC-2012]. Под действие этих норм подпадают здания, расположенные рядом со склонами (как над склоном, так и под склоном) уклоном более **33,3%** (соотношение длины и высоты склона меньше, чем **3 к 1**).

Здания должны располагаться на таком достаточном расстоянии от склона, чтобы обеспечить свою безопасность при эрозии склона, обвалах и сходах грунта по склону. Границей начала склона (или его завершения) считается линия пересечения горизонтальной плоскости, проведенной из верхней части фундамента и воображаемой касательной к плоскости склона, проведенной с наклоном под углом **45°** к горизонтали. Если на склоне построена подпорная стена, то высшей точкой склона считается вершина подпорной стены, расположенной ближе всего к вершине склона. Расположение здания с соблюдением следующих критериев может обеспечить сохранность здания: Крайние точки фундамента должны быть расположены на расстоянии от вершины уклона не менее, чем на **1/3** всей высоты склона, но не менее чем в **12 метрах** от края склона. Дом под склоном может быть расположен не ближе чем **1/2** высоты склона, но не ближе **4,5 м** к склону.

Фундамент на территории, прилежащей к склону допускается устраивать только на слежавшихся плотных грунтах, с достаточным расчетным сопротивлением нагрузке, как по вертикали, так и по горизонтали, что должно исключить крены и смещения основания здания. Минимальная высота надземной части фундамента должна быть выше бордюрного камня на улице или положения люка водозабора ливневой канализации как минимум на **305 мм + 2%**.

Схема №45. Схема рекомендуемого расположения дома вблизи склона по нормам IBC/IRC-2012.



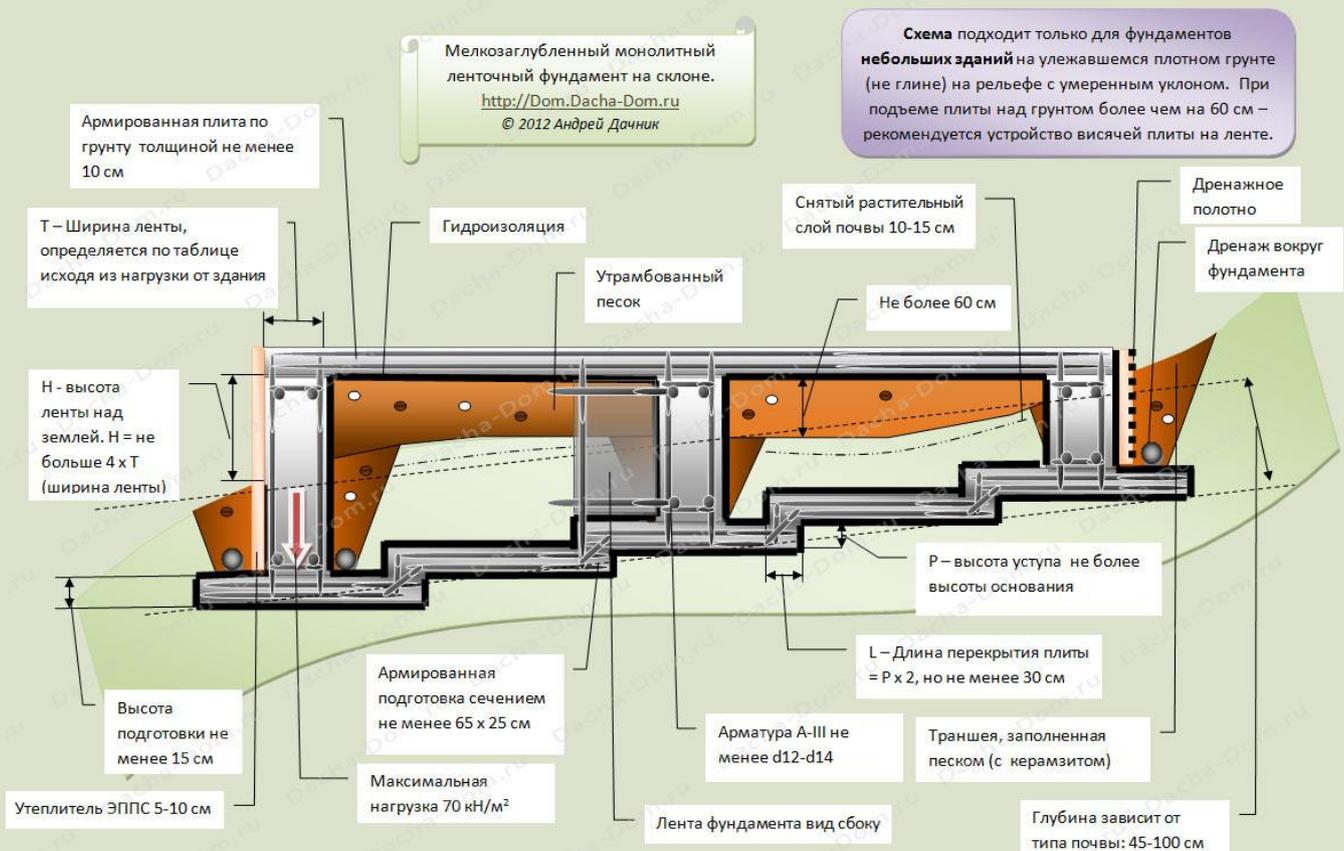
Особенности конструкции мелкозаглубленного монолитного ленточного фундамента на склоне

Естественная поверхность земли редко расположена в единой горизонтальной плоскости на одном уровне. Пункт R403.1.5 IBC/IRC 2012 предусматривает, что верхняя поверхность монолитного ленточного фундамента должна находиться на одном уровне. Нижняя опорная поверхность не должна иметь наклон более чем **10%** (**1** единица высоты на **10** единиц длины). При необходимости устроить ленточный фундамент на уклоне, превышающем **10%**, основание фундамента делается ступенчатым, где наклон нижней поверхности фундамента либо отсутствует (оптимально) либо не превышает **10%**.

При планировании фундамента на уклонах рельефа первоначально следует решить, будет ли вы заглублять фундамент в склон, или наоборот, приподнимать его над поверхностью уклона, чтобы получить единую горизонтальную плоскость верхней поверхности. Заглубление фундамента обычно связано с большим объемом земельных работ и необходимостью более дорогих мероприятий по гидроизоляции фундамента и работ по водоотведению.

Основные конструктивные требования к ступенчатому основанию мелкозаглубленного ленточного фундамента на склоне приведены в Британских строительных нормах *Building Regulations Approved Document A: 2010, Section 2E: Foundations of plain concrete (Схема 21)*.

Схема №46. Схема рекомендуемой конструкции ступенчатого фундамента на склоне.



На мелкозернистых грунтах глубина заглубления фундамента на склоне не может быть больше ширины подошвы фундамента. При необходимости увеличить глубину заглубления фундамента, требуется

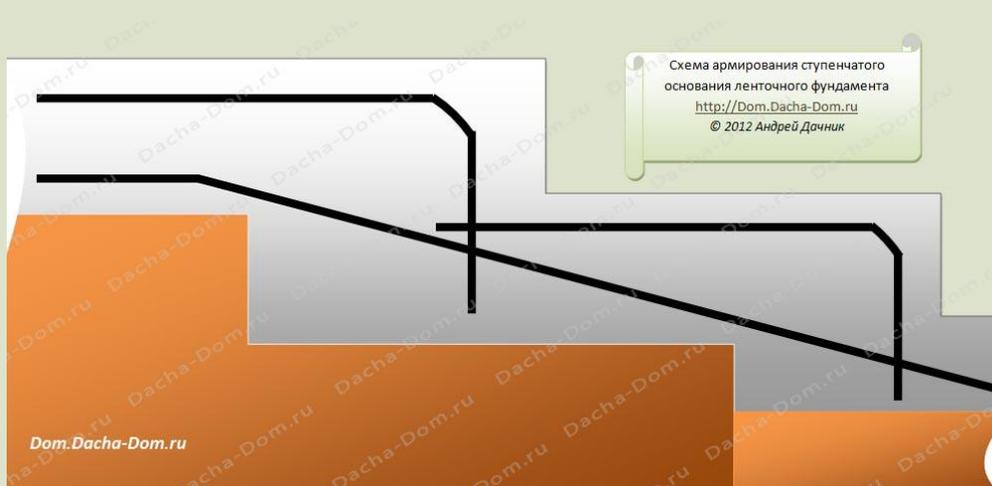
увеличить и ширину его подошвы. При переменной глубине заложения фундамента его возведение начинают с нижних отметок основания. Внутреннее пространство фундамента должно быть заполнено сухим грунтом с хорошими дренажными свойствами. Внутреннее заполнение фундамента будет способствовать уравниванию горизонтальных составляющих давления грунтов на ленту фундамента.

Максимальная высота ленты фундамента над землей в нижней точке уклона не может быть больше **4-х значений ширины ленты**. Например, при ширине ленты в **50 см**, максимальное возвышение надземной части фундамента составляет **$4 \times 50 \text{ см} = 200 \text{ см}$** .

Минимальные рекомендованные размеры армированного основания ленточного фундамента на склоне составляет **65 см** по ширине и **25 см** по высоте. Длина перекрытия ступеней фундамента с переменной глубиной заложения составляет две высоты ступени (и не менее **30 см**). При толщине ленты основания в **25 см** длина перекрытия ступеней составляет **$2 \times 25 \text{ см} = 50 \text{ см}$** . Длина горизонтальных участков ступенчатого фундамента должна быть не менее **60 см** [пункт 5.3.4 СП 31-105-2002]. Максимальная разность отметок по высоте для соседних участков составляет **60 см**. Минимальное расстояние между соседними подошвами составляет двойную ширину этих подошв (по максимальному значению ширины).

Армирование основания фундамента двухуровневое – стержневой арматурой диаметром не менее **12 мм** или сварными арматурными сетками. Нижний уровень стержней арматуры в местах нахлеста ступеней основания фундамента укладывается по касательной к “ступени”. Верхний уровень арматуры анкеруется при помощи Г-образного хомута как показано ниже на схеме.

Схема №47. Схема армирования основания ступенчатого фундамента.



Вот пока и все, что я хотел Вам рассказать о малозаглубленном ленточном фундаменте. Еще раз спасибо, что уделили время моему творчеству.

С уважением,

Андрей Дачник

Если вы нашли в книге что-то полезное для себя, то автору можно выразить свою благодарность денежным пожертвованием через Яндекс Деньги, PayPal или платежом с кредитной карты можно на этой странице:
<http://www.dacha-dom.ru/pay.html>

Информацию по вопросам дачного водопровода и канализации вы можете найти на сайте автора

<http://septic.dacha-dom.ru>



Информация о строительстве дачного дома своими руками на сайте автора

<http://dom.dacha-dom.ru>



Задать вопросы и получить советы по общестроительной тематике можно на форуме

<http://www.okolotok.ru>



©2012-2013 Текст, графика, фотографии, оформление - Андрей Дачник. www.Dom.Dacha-Dom.ru

Лицензированное использование электронной публикации: Электронная публикация (версия) книги «Малозаглубленный ленточный фундамент» предназначена для свободного чтения в электронном виде в сети Интернет. Запрещена продажа, аренда, прокат или обмен данной электронной публикации. Запрещается вносить в электронную публикацию какие-либо изменения и фрагментировать её. Запрещается без письменного разрешения автора перепечатывать или публиковать отдельные части данной электронной публикации или всю публикацию, как в электронном, так и в неэлектронном виде. При цитировании в сети Интернет обязательно указание авторства, названия книги и активной ссылки на сайт автора <http://Dom.Dacha-Dom.ru>.

Отказ от ответственности: Книга «Малозаглубленный ленточный фундамент» является информационно-ознакомительным научно-популярным материалом, и может содержать ошибки и неточности. Используя информацию из книги, вы делаете это исключительно на свой собственный риск. Во всех случаях автор не может нести ответственности за любые прямые или косвенные убытки и потери любых сторон, напрямую или косвенно связанные с использованием информации из данной электронной публикации.

Реклама: Новая книга Андрея Дачника

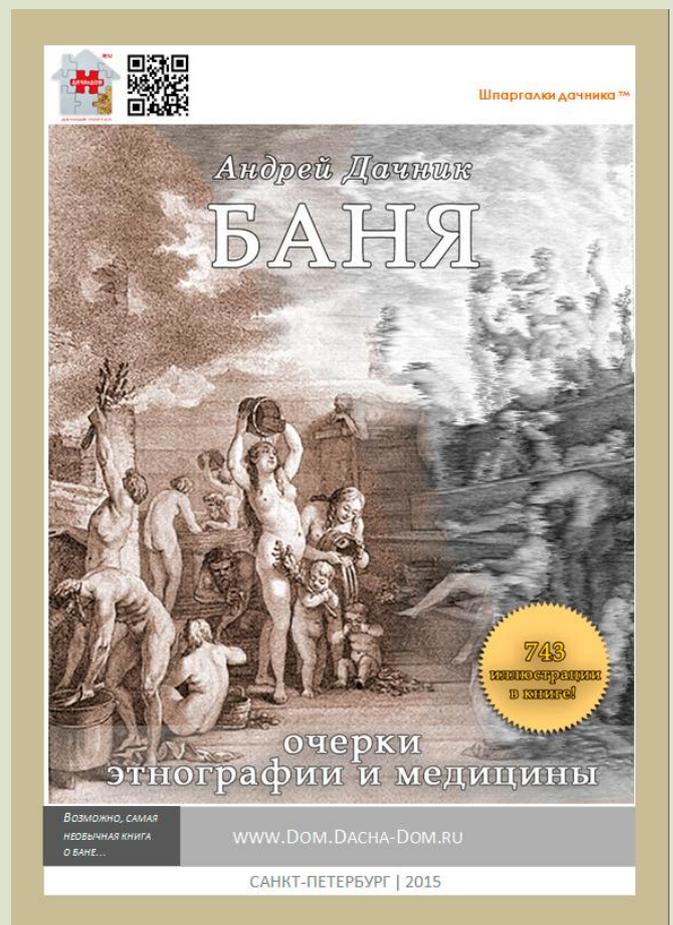
Баня. Очерки этнографии и медицины

В этой необычной научно-популярной книге Андрей Дачник объединяет историю, археологию, этнографию, философию и медицину, чтобы разобраться в культурном феномене бани, и ее неоднозначной роли, простирающейся куда далее, чем просто удовлетворение гигиенических потребностей человека.

Используя данные из первоисточников, и исследуя произведения искусства, автор прослеживает историю бани различных народов от Каменного века до наших дней, богато иллюстрируя ее, порой, совершенно невероятными деталями. Из книги вы узнаете, почему под банями иногда находят скелеты, отчего алеуты в бане держат во рту лыковое мочало, как связан ирландский культ белой лошади с купанием короля в котле с бульоном, и что будет делать лапландский шаман, если в сауне в каменке треснет камень.

Значительное внимание в книге уделено истории русской бани, начиная с древних языческих времен. Автор раскрывает тайны почитания огня и духов предков в банях, объясняет происхождения веры в магические свойства пара и банного веника, которые легли в основу огромного числа знахарских и колдовских банных ритуалов. Вы узнаете, как по славянским традициям следует готовить ритуальную баню, и как православная церковь регламентирует использование бани.

Книга богато иллюстрирована - в ней 743 цветных и черно-белых иллюстраций. Многие из воспроизводимых в книге средневековых гравюр, переводы текстов зарубежных авторов впервые публикуются в издании на русском языке. Библиография книги об этнографии бань насчитывает 219 литературных источников.



Скачать бесплатную PDF копию книги:
<http://dom.dacha-dom.ru/banya.shtml>