

19. ДЫМОВЫЕ ТРУБЫ

19.1. Нормы настоящего раздела следует соблюдать при проектировании дымовых труб с несущими стволами из кирпича, железобетона и стали, обеспечивающих эффективное рассеивание дымовых газов различной температуры, влажности и агрессивности до допустимых действующими санитарными нормами пределов концентрации на уровне земли.

19.2. Выбор материала и конструкции дымовой трубы следует осуществлять на основании технико-экономического обоснования с учетом режима эксплуатации, специального оборудования для возведения, а также архитектурно-композиционных соображений.

19.3. Диаметры выходных отверстий и высоту дымовых труб следует определять на основании аэродинамических, теплотехнических и санитарно-гигиенических расчетов.

Диаметры надлежит принимать по следующему унифицированному ряду: 1,2; 1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6 м и далее через 0,6 м.

Минимальные диаметры труб следует назначать с учетом оборудования, применяемого при возведении труб, но не менее 1,2 м — для кирпичных труб (в свету по футеровке) и 3,6 м — для монолитных железобетонных.

Примечание. Диаметры стальных труб допускается уменьшать до 0,4 м при высоте их до 45 м.

19.4. Высоту дымовых труб следует назначать по следующему унифицированному ряду: 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 м и далее через 30 м и принимать для кирпичных, армокирпичных и стальных свободно стоящих (бескаркасных) труб не более 120 м.

19.5. Расстояние между соседними дымовыми трубами должно быть не менее пяти средних наружных диаметров трубы.

19.6. В местах соединения газоходов с трубой надлежит предусматривать осадочные швы или компенсаторы.

19.7. В случае ввода в трубу в одном горизонтальном сечении двух газоходов их следует располагать с противоположных сторон на одной оси, при вводе трех газоходов — под углом 120° один к другому, при этом суммарная площадь ослабления в одном горизонтальном сечении не должна превышать 40 % общей площади сечения железобетонного ствола трубы или стакана фундамента, 30 % ствола кирпичной трубы и 20 % несущего ствола стальной трубы.

При вводах в дымовую трубу нескольких газоходов и одновременной их работе необходимо предусматривать в нижней части трубы или в стакане фундамента разделительные стенки или направляющие патрубки, исключающие взаимное влияние потоков газа, а также уменьшающие аэродинамическое сопротивление.

19.8. Для защиты несущего ствола дымовой трубы от температурного и агрессивного воздействия отводимых газов в необходимых случаях допускаются футеровка и тепловая изоляция ствола. В зависимости от температуры и агрессивности отводимых газов футеровку следует выполнять из шамотного, кислотоупорного или глиняного обыкновенного кирпича, специального бетона, керамики, стали, а также пластмасс.

Футеровка из кирпича предусматривается звеньями, опирающимися на консольные выступы в стволе. Высота звеньев должна быть не более 25 м при толщине в один кирпич и не более 12,5 м при толщине в 1/2 кирпича. В зоне проемов для газоходов толщину футеровки следует увеличивать до 1 1/2 — 2 кирпичей. При применении специальной фасонной шпунтовой керамики толщина футеровки может быть уменьшена. Примыкание нижнего звена к вышележащему необходимо проектировать с учетом температурного расширения материала футеровки как по высоте, так и по диаметру.

19.9. В нижней части дымовой трубы, фундаменте или подводящих газоходах следует предусматривать лазы для осмотра трубы, а в необходимых случаях — устройства, обеспечивающие отвод конденсата.

19.10. С наружной стороны трубы должны предусматриваться площадки и лестницы, а для кирпичных труб — скобы. Лестницы или скобы следует устанавливать на расстоянии 2,5 м от поверхности земли. Площадки, лестницы и скобы должны иметь ограждения.

19.11. В целях предупреждения проникания дымовых газов в несущие конструкции кирпичных и железобетонных труб с газопроницаемой футеровкой не допускается избыточное статическое давление внутри дымового канала. При наличии избыточного статического давления следует применять трубу специальной конструкции (с внутренним газопроницаемым газоотводящим стволом или противодавлением в вентилируемом зазоре между стволом и футеровкой).

19.12. В дымовых трубах с противодавлением (в зависимости от режима работы) следует применять естественную или принудительную вентиляцию воздушного зазора. Величина противодавления должна приниматься в каждом сечении трубы не менее 50 Па (5 кгс/м²).

19.13. При подключении нескольких агрегатов к трубе и колебаниях нагрузки, вызывающих образование конденсата, допускается при наличии технико-экономического обоснования проектировать многоствольные трубы с несколькими газоотводящими стволами, расположенными внутри несущего ствола трубы.

В пространстве между несущими и газоотводящими стволами следует предусматривать кольцевые площадки, ходовые лестницы, электрическое освещение, а также лифт при наличии специального обоснования.

19.14. Минимальный диаметр верхней части наружного несущего ствола в случае расположения внутри него нескольких газоотводящих стволов следует определять из условий размещения требуемого числа газоотводящих стволов и лифта, а также необходимых проходов для монтажа, контроля в процессе эксплуатации и производства работ.

19.15. Газоотводящие стволы следует выполнять из металла, а также из неметаллических негорючих термостойких материалов.

С наружной стороны газоотводящих стволов следует устанавливать тепловую изоляцию, толщина которой определяется расчетом исходя из обеспечения при нормальном режиме эксплуатации заданного перепада температуры газа и внутренней поверхности ствола, а также температуры наружной поверхности тепловой изоляции не свыше 60 °С.

19.16. Фундаменты дымовых труб должны проектироваться железобетонными с подошвой круглого, многоугольного или кольцевого очертания в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83 и СНиП 2.02.03-85. Для дымовых труб высотой более 200 м фундамент следует выполнять кольцевого очертания.

19.17. Предельные значения осадок и кренов для фундаментов труб должны приниматься по СНиП 2.02.01-83*.

19.18. При высоком уровне подземных вод и подземном расположении газоходов следует предусматривать дренаж.

19.19. При расчете железобетонных дымовых труб по предельным состояниям первой группы необходимо учитывать одновременное действие нагрузки от собственного веса, расчетной ветровой нагрузки, а также влияние температуры отводимых газов, при расчете по предельным состояниям второй группы — одновременное действие нагрузки от собственного веса, нагрузки от ветра, а также влияние температуры отводимых газов и солнечной радиации.

19.20. Нагрузки и воздействия на дымовые трубы, коэффициенты надежности по нагрузке, а также возможные сочетания нагрузок должны приниматься согласно требованиям СНиП 2.01.07-85. Коэффициент надежности по нагрузке при расчетах на ветровые нагрузки для труб высотой до 150 м принимается равным 1,3; для труб высотой от 150 до 300 м — 1,4; для труб свыше 300 м — 1,5.

19.21. Перепады температуры в стенке трубы от воздействия отводимых газов надлежит определять на основании теплотехнических расчетов для установившегося потока тепла при наибольшем значении температуры отводимых газов и расчетной температуре наружного воздуха (средней температуре наиболее холодной пятидневки) и наибольшем значении коэффициента теплоотдачи наружной поверхности.

19.22. Дымовые цилиндрические трубы и трубы небольшой коничности (не более 0,012) следует рассчитывать на скоростной напор ветра и резонанс в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85. Конические трубы с коничностью более 0,012 на резонанс допускается не проверять.

19.23. В качестве расчетной схемы дымовой трубы следует принимать защемленный в основании консольный стержень постоянного или переменного по высоте кольцевого сечения.

Примечание. Для стальных труб с оттяжками расчетная схема принимается в виде консольного стержня, защемленного в основании с упругими опорами в местах оттяжек.

19.24. Определение изгибающих моментов в горизонтальных сечениях ствола трубы необходимо производить по деформированной схеме с учетом дополнительных изгибающих моментов от собственного веса вследствие прогиба трубы от ветра, температуры, солнечной радиации и крена фундамента.

19.25. Для учета кольцевых напряжений в поперечном сечении, а также дополнительных моментов от прогиба трубы при воздействии солнечной радиации необходимо учитывать распределение разности

температур по наружной поверхности от 25 °С на солнечной стороне до 0 °С на границе с теневой стороной.

19.26. Горизонтальное перемещение верха трубы от нормативной ветровой нагрузки не должна превышать $1/75$ ее высоты. При наличии лифта предельное горизонтальное перемещение верха трубы следует принимать в соответствии с техническими условиями на данный лифт.

19.27. Расчетную длину при определении форм свободных колебаний и проверке несущей способности горизонтальных сечений для свободно стоящих труб следует принимать равной высоте трубы, умноженной на коэффициент 1,12.

19.28. Минимальное напряжение на грунт под фундаментом трубы должно быть более нуля.

19.29. При наличии температурного перепада по высоте плиты фундамента необходимо при расчете фундамента учитывать температурные усилия, определяемые согласно СНиП 2.03.04-84.

Кирпичные дымовые трубы

19.30. Ствол кирпичной дымовой трубы следует проектировать в виде усеченного конуса (цоколь трубы должен быть цилиндрической формы). Наклон образующей наружной поверхности ствола трубы к вертикали следует принимать, как правило, постоянным в пределах 0,02—0,04 на всю высоту.

19.31. Для кладки стволов кирпичных дымовых труб следует принимать кирпич глиняный лекальный марок 125—150. Допускается применять обыкновенный глиняный кирпич пластического прессования марки не ниже 125 и водопоглощением не более 15 %.

Марку кирпича по морозостойкости следует принимать в зависимости от режима работы трубы, но не ниже 25. Для кладки ствола необходимо принимать сложные растворы марок не ниже 50.

19.32. По высоте кирпичной трубы надлежит предусматривать горизонтальные стяжные кольца из полосовой стали, шаг и сечение которых следует принимать по расчету, при этом толщина стяжных колец должна быть не более 10 мм, шаг — не более 1,5 м.

19.33. Толщина стенок ствола принимается по расчету, но не менее $11/2$ кирпича.

19.34. Расчет горизонтальных сечений по несущей способности должен производиться в соответствии с СНиП II-22-81. Для всех горизонтальных сечений ствола точка приложения продольной силы должна находиться в пределах ядра сечения, т.е. $e \leq (D + d) / 8D$, где D и d — соответственно наружный и внутренний диаметры сечения ствола. Расчетное сопротивление кладки сжатию R принимается с коэффициентом условий работы 0,9.

19.35. Расчет вертикальных сечений ствола на температурные усилия, вызванные перепадом температур по толщине стенки ствола, следует производить, принимая эпюру в сжатой зоне прямоугольной. Растягивающие усилия следует воспринимать стяжными кольцами. Коэффициент условий работы при определении расчетного сопротивления стали стяжных колец следует принимать равным 0,7.

Железобетонные дымовые трубы

19.36. Ствол железобетонной дымовой трубы следует проектировать в форме цилиндра, усеченного конуса или комбинированной формы — в виде сочетания усеченного конуса и цилиндра. Отношение высоты всего ствола или отдельного его участка к своему наружному диаметру должно быть не более 20.

Наклон образующей поверхности трубы к вертикали следует принимать, как правило, не более 3,1.

19.37. Сборные железобетонные дымовые трубы, как правило, следует проектировать цилиндрической формы из отдельных царг. Соединение царг между собой необходимо осуществлять на высокопрочных шпильках или болтах.

19.38. Для стволов железобетонных монолитных труб следует применять бетон только на портландцементе класса не ниже В30 с содержанием трехкальциевого алюмината до 8 % или сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками. Класс бетона по прочности на сжатие должен быть не менее В15, водоцементное отношение — не более 0,4. Марка бетона труб по морозостойкости должна быть не менее F200, по водонепроницаемости — W8. Для труб, в которых возможно образование конденсата, морозостойкость бетона должна быть не менее F300.

Примечание. В отдельных случаях при соответствующем техническом обосновании (высокие температуры дымовых газов и др.) допускается снижение марки по морозостойкости, но не ниже значений, приведенных в СНиП 2.03.01-84.

- 19.39. Толщину стенок ствола железобетонной трубы следует принимать по расчету, минимальную толщину стенок вверху монолитной трубы следует принимать: при диаметре трубы до 4,8 м — 160 мм; до 7,2 м — 180 мм; при диаметре до 9 м — 200 мм, при диаметре более 9 м — 250 мм.
- 19.40. Сечение растянутой арматуры от площади расчетной толщины сечения ствола трубы должно быть не менее: для кольцевой арматуры — 0,2, продольной — 0,4 %.
- 19.41. Стыки растянутой арматуры труб допускается устраивать внахлестку без сварки. Стыки продольной и горизонтальной арматуры должны располагаться вразбежку так, чтобы число стыков в сечении было не более 25 % общего числа стержней.
- 19.42. Толщину защитного слоя бетона для рабочей арматуры следует принимать не менее 30 мм и не менее диаметра арматуры, а при наличии агрессивных газов дополнительно увеличивать на 5 мм.
- 19.43. Предельно допустимую температуру нагрева арматуры, выбор состава бетона в зависимости от температуры дымовых газов, дополнительные коэффициенты условий работы для расчетных сопротивлений бетона и арматуры, а также метод расчета вертикальных сечений на действие неравномерного нагрева по толщине стены следует принимать по СНиП 2.03.04-84.
- 19.44. Предельная ширина раскрытия трещин в растянутой зоне сечения не должна превышать: для верхней трети высоты трубы — 0,1 мм, для нижних двух третей высоты трубы — 0,2 мм. При соответствующем обосновании для нижней части дымовой трубы допускается ширина раскрытия трещин до 0,3 мм.

Стальные дымовые трубы

- 19.45. Ствол стальной дымовой трубы следует проектировать, как правило, состоящим из верхней цилиндрической и нижней конической частей.
- 19.46. Для свободно стоящих стальных труб соотношения размеров к общей высоте трубы должны удовлетворять следующим условиям: диаметр цилиндрической части — не менее 1/20; диаметр основания конической части — не менее 1/10; высота конической части — не менее 1/4.

Примечание. В случае установки динамических или механических гасителей колебаний диаметрцилиндрической части может составлять 1/25 общей высоты трубы.

- 19.47. Стальные дымовые трубы без футеровки высотой 60 м и более, а также футерованные трубы с отношением высоты трубы к диаметру более 20 должны проектироваться с оттяжками.
- 19.48. Расположение оттяжек по высоте трубы должно приниматься следующим: высота верхней части ствола трубы над оттяжками при одном ярусе оттяжек должна составлять от 1/3 до 1/4 общей высоты трубы, при двух ярусах — не более 1/5; расстояние между ярусами оттяжек должно быть равно 1/3 высоты трубы.
- 19.49. Стальные дымовые трубы высотой более 120 м должны быть раскреплены в нижней части жесткими подкосами. В качестве несущих конструкций допускается использовать решетчатые башни.
- 19.50. Цилиндрическую и коническую части стальной трубы следует, как правило, соединять встык без ребер. Толщина стенок трубы должна быть не менее 4 мм.
- 19.51. Верх цилиндрической части трубы следует усиливать горизонтальным ребром жесткости.
- 19.52. Футеровку стальных труб следует опирать на специальные горизонтальные кольцевые ребра, привариваемые к стенке трубы с внутренней стороны.
- 19.53. Ввод газохода в месте сопряжения с дымовой трубой должен иметь круглую, овальную или прямоугольную с закругленными углами форму, при этом в целях обеспечения равнопрочности сечения оболочку ствола следует усиливать приваркой листов по периметру выреза.
- 19.54. Марки сталей для дымовых труб должны приниматься в соответствии со СНиП II-23-81 с отнесением отдельных элементов к следующим группам:
группа 2 — оболочка и ребра жесткости дымовой трубы;
группа 4 — ребра жесткости, опорные кольца, площадки, лестницы, ограждения.
- 19.55. Расчет элементов стальных конструкций дымовых труб и определение расчетных сопротивлений материалов при температуре конструкции 300 °С и менее следует производить по СНиП II-23-81.
- 19.56. Стальные дымовые трубы при критических скоростях ветра, вызывающих резонансные колебания сооружения, следует рассчитывать на усталость в соответствии с требованиями СНиП II-23-81. Проверке подлежат стыковые швы стальной оболочке дымовой трубы, при этом в расчете должно учитываться не менее 2 млн. циклов нагружения.
- 19.57. Стенки труб следует проверять на общую и местную устойчивость.

Сварные соединения стенки трубы должны быть проверены на знакопеременные циклические напряжения, возникающие при резонансных колебаниях трубы от действия ветровых нагрузок. Место сопряжения цилиндрической и конической частей трубы, а также все места изменения толщины стенки трубы необходимо проверять на прочность с учетом дополнительных напряжений от краевого эффекта.