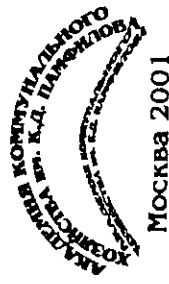


СИСТЕР В.Г., МИРНЫЙ А.Н., СКВОРЦОВ Л.С.,
АБРАМОВ Н.Ф., НИКОГОСОВ Х.Н.

В новый век с новыми технологиями

ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ (СБОР, ТРАНСПОРТ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ)

Справочник



ГЛАВА 2. НОРМЫ НАКОПЛЕНИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ТБО

2.1. НОРМЫ НАКОПЛЕНИЯ ТБО.

Нормы накопления - это количество отходов, образующихся на расчетную единицу (человек - для жилищного фонда; одно место в гостиной; 1 м² торговой площади для магазинов и складов и т. д.) в единицу времени (день, год). Нормы накопления определяют в единицах массы (кг) или объема (л, м³). К ТБО, входящим в норму накопления от населения и удаляемым транспортом спецавтохозяйства, относятся отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях (включая отходы от текущего ремонта квартир), отходы от отопительных устройств местного отопления, смет, опавшие листья, собираемые с дворовых территорий, и крупные предметы домашнего обихода при отсутствии системы специализированного сбора крупногабаритных отходов.

Нормы накопления ТБО образуются из двух источников:

- жилых зданий;
- учреждений и предприятий общественного назначения (общественного питания, учебных, зрелищных, гостиниц, детских садов и др.).

На нормы накопления и состав ТБО влияют такие факторы, как степень благоустройства жилищного фонда (наличие мусоропроводов, газа, водопровода, канализации, системы отопления), этажность, вид топлива при местном отоплении, развитие общественного питания, культура торговли, степень благосостояния населения и др.; климатические условия - различная продолжительность отопительного периода (от 150 дней в южной зоне до 300 дней в северной); потребление населением овощей и фруктов и т. д. Для крупных городов нормы накопления несколько выше, чем для средних и малых городов.

В табл. 2.1. приведены ориентировочные нормы накопления ТБО, которые используются для укрупненных расчетов и планирования. Нормы накопления учреждений и предприятий общественного назначения в крупных городах (табл. 2.2.) составляют 30...50 % от норм накопления жилых зданий (в Москве до 60 %).

Данные табл. 2.1. и 2.2. могут использоваться только для ориентировочных расчетов, так как для разных городов нормы накопления меняются в широких пределах. Фактические нормы накопления ТБО определяют для каждого конкретного города в соответствии с рекомендациями по определению норм накопления ТБО для городов РСФСР¹.

Для определения фактического накопления ТБО, образующихся от населения, выбирают участки с такой численностью жителей: в го-

родах с населением до 300 тыс. чел. - участки с охватом 2 % населения; в городах с населением 300...500 тыс. чел. - 1 %, в городах с населением более 500 тыс. чел. - 0,5 %. По культурно-бытовым объектам выбирают не менее двух наиболее характерных объектов. Нормы накопления определяют по всем сезонам года. Замеры проводятся в течение семи дней (без перерыва).

Таблица 2.1. Ориентировочные нормы накопления ТБО

Классификация жилищного фонда	Нормы накопления ТБО на 1 человека		Средняя плотность кт/м ³
	кг/год	м ³ /год	
Жилые дома благоустроенные:			
	при отборе пищевых отходов	180...200	0.9...1.0
	без отбора пищевых отходов	210...225	1.0...1.1
	неблагоустроенные:		
без отбора пищевых отходов	350...450	1.2...1.5	300
Жидкие отходы из непроницаемых выгребов неканализованных домов	-	2.0...3.25	1000
Общая норма накопления ТБО по благоустроенным жилым и общественным зданиям для городов с населением более 100 тыс. чел.	260...280	1.4...1.5	190
То же, с учетом всех арендаторов	280...300	1.5...1.55	200

Примечание. Под благоустроенными жилыми домами подразумеваются дома с газом, центральным отоплением, водопроводом, канализацией;

под неблагоустроенными - дома с местным отоплением на твердом топливе, без канализации;

под общественными зданиями - детские сады, ясли, школы, вузы, столовые, магазины, зрелищные и спортивные сооружения.

Массу накапливаемых ТБО определяют регулярным взвешиванием всех загружаемых в мусоровоз контейнеров. Допускается взвешивание пустого и заполненного мусоровоза и определение объема всех загруженных в машину ТБО. При определении объема накапливаемых ТБО обязательно проверяют степень заполнения контейнеров, для чего материал контейнера разравнивают и рейкой измеряют высоту свободного пространства над ТБО. При замерах должно быть исключено уплотнение ТБО в контейнере обслуживающим персоналом.

Нормы накопления ТБО вводятся в действие на основании решения местных органов власти. Уточнение норм накопления ТБО целесообразно проводить каждые 5 лет. Норма накопления ТБО по массе возрастает в пределах 0,3...0,5 % в год, а по объему - 0,6...1,2 % в год.

Таблица 2.2. Ориентировочные нормы накопления ТБО от отдельно стоящих объектов общественного назначения.

Объект образования отходов	Расчетная единица	Норма накопления		Плотность, кг/м³
		кг/год	м³/год	
Гостиница	на 1 место	120	1	120
Детский сад, ясли	на 1 место	95	0.5	200
Школа, техникум, институт	на 1 учащегося	24	0.12	200
Театр, кинотеатр	на 1 место	30	0.2	150
Учреждение	на 1 сотрудник	100	1,1	80...100
Продовольственный магазин	ника	80...160	0.8...1.5	100...110
	на 1 м² торговой площади	50...150	0.5...1.3	100...110
Рынок	на 1 м² торговой площади	35	0.35	100
Санатории, пансионаты, дома отдыха	на 1 место	380	2	190
Вокзалы, автовокзалы, аэропорты	на 1 м² площади	125	0.5	250

2.2. СОСТАВ ТБО

При рассмотрении всего комплекса проблем, связанных со сбором, транспортом, обезвреживанием и утилизацией ТБО, в первую очередь ставится вопрос о составе и свойствах этого материала. Если для решения вопроса сбора и транспорта ТБО достаточно информации об их влажности и плотности, то при выборе метода и технологии обезвреживания и последующей утилизации необходимо получить полную информацию о морфологическом и элементном составе и свойствах ТБО, в том числе теплотехнических. Для решения вопроса о возможности и целесообразности использования наиболее распространенного в республиках СНГ метода биотермического обезвреживания и переработки ТБО необходима информация о содержании органического вещества, удобрительных элементов и т. д.

Морфологический состав. ТБО по морфологическому признаку подразделяются на компоненты: бумагу, картон; пищевые отходы; дерево, металл (черный и цветной); текстиль; кости; стекло; кожу, резину; камни; полимерные материалы; прочие (неклассифицируемые фракции); отсев менее 15 мм (табл. 2.3) По единой методике, принятой

Европейскими странами, при необходимости добавляется компонент "садовые отходы".

Для решения вопроса о целесообразности использования утильных компонентов ТБО проводят более подробный анализ состава отходов, дифференцируя бумагу на условно чистую (утильную) и загрязненную; металл - на изделия из железа и консервные банки; пластмассу - на упаковочную и изделия из пластика.

Сезонные изменения состава ТБО характеризуются увеличением содержания пищевых отходов с 20...25 % весной до 40...55 % осенью, что связано с большим употреблением овощей и фруктов в рационе питания (особенно в городах южной зоны). Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 20 до 7 % в городах южной зоны и с 11 до 5 % в средней зоне.

Таблица 2.3. Морфологический состав ТБО для разных климатических зон, % по массе

Компонент	Климатическая зона		
	средняя	южная	северная
Пищевые отходы	35...45	40...49	32...39
Бумага, картон	32...35	22...30	26...35
Дерево	1...2	1...2	2...5
Черный металлолом	3...4	2...3	3...4
Цветной металлолом	0.5...1.5	0.5...1.5	0.5...1.5
Текстиль	3...5	3...5	4...6
Кости	1...2	1...2	1...2
Стекло	2...3	2...3	4...6
Кожа, резина	0.5...1	1	2...3
Камни, штукатурка	0.5...1	1	1...3
Пластмасса	3...4	3...6	3...4
Прочее	1...2	3...4	1...2
Отсев (менее 15 мм)	5...7	6...8	4...6

Состав ТБО жилого фонда и предприятий торговли резко различается (табл. 2.4), что важно, с точки зрения возможности и целесообразности раздельного сбора утильных фракций ТБО.

Существенно влияет на состав ТБО организация сбора в городе утильной бумаги, пищевых отходов, стеклогары. Опыт показывает, что с течением времени состав ТБО несколько меняется. Увеличивается содержание бумаги, полимерных материалов. С переходом на централизованное теплоснабжение в крупных городах резко сократилось (практически до нуля) содержание в ТБО угля и шлака.

Некоторые изменения состава ТБО наблюдаются в России после 1993 года.. Изменился состав пищевых отходов в крупных городах, что связано с изменением качества продуктов питания.

Таблица 2.4. Сравнение морфологического состава ТБО, собираемых в жилом фонде и в общественных и торговых предприятиях городов и регионов России, % по массе

Компонент	ТБО жилого фонда	ТБО общественных и торговых предприятий
Пищевые отходы	35...45	13...16
Бумага, картон	32...35	45...52
Дерево	1...2	3...5
Черный металлолом	3...4	3...4
Цветной металлолом	0.5...1.5	1...4
Текстиль	3...5	3...5
Кости	1...2	1...2
Стекло	2...3	1...2
Камни, штукатурка	0.5...1	2...3
Кожа, резина	0.5...1	1...2
Пластмасса	3...4	8...12
Прочее	1...2	2...3
Отсев (менее 15 мм)	5...7	5...7

Если до 1991 года основную массу пищевых отходов составляли картофель, капуста и их очистки (до 70 %), и только 10 % составляли отходы и очистки фруктов (причем только летом и осенью), то теперь, в связи со значительным улучшением условий хранения картофеля, резко сократилось содержание картофельных очистков, и при этом резко возросло содержание очистков фруктов, причем, в основном, таких высококалорийных, как апельсины и бананы. Эта закономерность теперь наблюдается во все сезоны года.

Значительно выросло содержание в ТБО цветных металлов за счет появления алюминиевых банок из-под пива и воды. После 1992 года резко возросло содержание пластмассовых упаковочных материалов, в том числе 1,5-2-х литровых лавсановых бутылок из-под воды. При этом общее соотношение содержания легкоразлагаемой органики (пищевых отходов) к общей массе ТБО практически не изменилось.

Фракционный состав ТБО (процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера) оказывает влияние как на технологию и организацию сбора и транспорта, так и на параметры оборудования мусороперерабатывающих заводов. В табл. 2.5. приведен фракционный состав ТБО, дающий более полную информацию о свойствах материала.

В таблицу не вошли данные о крупногабаритных отходах (старая мебель, холодильники, стиральные машины, обрезки деревьев, крупная упаковочная тара), т.е. о ТБО, не вмещающихся в стандартные (0,75 м³) контейнеры и собираемых отдельно.

Таблица 2.5. Ориентировочный фракционный состав ТБО, % по массе

Компонент	Размер фракций, мм				
	более 250	150...250	100...150	50...100	менее 50
Пищевые отходы	-	0...1	2...10	7...12.6	17...21
Картон, бумага	3...8	8...10	9...11	7...8	2...5
Дерево	0.5	0...0.5	0...0.5	0.5	0...0.5
Металл	-	0...1	0.5...1	0.8...1.6	0.3...0.5
Текстиль	0.2...1.3	1...1.5	0.5...1	0.3...0.8	0...0.6
Кости	-	-	-	0.3...0.5	0.5...0.9
Стекло	-	0...0.3	0.3...1	1...2	1...1.6
Кожа, резина	-	0...1	0.5...2	0.5...1.5	-
Камни, штукатурка	-	-	0.2...1	0.5...1.8	0.5...2
Пластмасса	0...0.2	0.5...1	1...2.2	1...2.5	0.2...0.5
Прочее	0...0.3	0.2...0.6	0...0.5	0...0.4	0...0.5
Отсев	-	-	-	-	4...6
Всего	7.0	13.3	22.1	25.3	32.3

Фракционный состав ТБО, как и морфологический, несколько меняется по сезонам года и отличается в разных климатических зонах.

Химический состав ТБО. Качество получаемого в процессе переработки ТБО органического удобрения или биотоплива зависит от химического состава исходных ТБО (табл. 2.6.).

Таблица 2.6. Химический состав ТБО

Показатель		Величина
Элементный состав на рабочую массу, %	Углерод	17...20
	Водород	2...3
	Кислород	13..17
	Азот	0.5...1
	Сера	0.1...0.12
Общие свойства	Зольность на раб. массу, %	10...16
	Зольность на сух. массу, %	20...32
	Орг. веществ. на сух. м., %	68...80
	Влажность, %	45...55
	Плотность кг/м ³	190...200
Теплота сгорания низшая на рабочую массу, кДж/кг		5000...6000
Агрохим. показатели, % на сухую массу	Азот общий N	0.8...1
	Фосфор P ₂ O ₅	0.7...1.1
	Калий K ₂ O	0.5...0.7
	Кальций СаО	2.3...3.6

2.3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ ТБО.

Исследование состава и свойств ТБО проводится, как правило, с целью выбора метода промышленного обезвреживания и переработки ТБО, отработки технологической схемы завода.

В результате исследования состава и свойств ТБО обследуемого региона по всем сезонам года определяются частные и среднегодовые значения:

- - морфологического состава ТБО;
- - плотности;
- - влажности;
- - зольности;
- - содержания органического вещества;
- - элементного состава ТБО;
- - удельной низшей теплоты сгорания ТБО
- - прогнозируемых агрохимических показателей компоста.

При исследовании состава и свойств ТБО пробы отбираются непосредственно на полигоне ТБО из массы привозимых в день отбора отходов. Основное требование к отбору проб заключается в том, чтобы их состав максимально соответствовал среднему составу всего количества исследуемых ТБО и чтобы при отборе влажность компонентов не изменялась.

Для первичной пробы берется по 30...50 кг ТБО от каждого разгрузочного мусоровоза, всего 150...200 кг. Материал перемешивается, разравнивается и из него четвертованием отбирается средняя 6...15 кг проба (заполняется без уплотнения 30...60 литровый бак).

Средняя проба отбирается непосредственно после взятия первичной пробы.

Один цикл исследования включает разборку трех первичных проб (получение трех средних проб). Каждая средняя проба взвешивается (для определения плотности) и разбирается по морфологическому признаку. Предварительно перед разборкой на сите отделяется отсев менее 16 мм, который на фракции не разделяется. Все отбрасываемые фракции взвешиваются в состоянии естественной влажности.

Из отсева (менее 16 мм) и фракций бумаги и пищевых отходов отбираются аналитические пробы массой по 150...200 г для определения влажности, зольности, содержания органических веществ. Влажность остальных фракций контролируется один раз в сезон. Общая влажность, зольность и содержание органического вещества для каждой пробы ТБО с учетом частных значений для трех фракций (отсев, бумага, пищевые отходы), определяемых в лабораторных условиях, определяются расчетом.

Аналитические пробы упаковываются в герметичные стеклянные

банки. Исследование этих проб производится в аналитической лаборатории.

Обработка результатов исследования ведется с использованием IBM PC по специальной программе. Пересчет от массового к процентному содержанию каждого компонента средней пробы проводится по формуле:

$$c_a = 100 \cdot b_a / \sum_{n=1}^{n=13} b_n$$

где b_n - масса компонента средней пробы, г;
 c_a - процентное содержание каждого компонента.

При исследовании аналитических проб определяются влажность отдельных компонентов (W_n) и зольность на сухую массу (A_n^C). Зольность в % на рабочую массу определяется по формуле:

$$A_n^P = A_n^C \cdot (100 - W_n) / 100$$

Содержание органического вещества в % на сухую массу B_n^C определяется по формуле:

$$B_n^C = 100 - A_n^C$$

Общая влажность в % определяется по формуле:

$$W_{\text{общ}} = \sum_{n=1}^{n=13} (W_n \cdot c_n) / 100$$

Общая зольность в % на рабочую массу определяется по формуле:

$$A^P_{\text{общ}} = \sum_{n=1}^{n=13} (A_n^P \cdot c_n) / 100$$

Общая зольность в % на сухую массу определяется по формуле:

$$A^C_{\text{общ}} = 100 \cdot A^P_{\text{общ}} / (100 - W_{\text{общ}})$$

Содержание органического вещества в % на сухую массу:

$$B^C_{\text{общ}} = 100 - A^P_{\text{общ}}$$

Расчет элементного состава ТБО.

Рабочая масса ТБО состоит из семи элементов

$$C^P + H^P + O^P + N^P + S^P + A^P + W = 100\%$$

где: $C^P, H^P, O^P, N^P, S^P, A^P, W^P$ - содержание соответственно углерода, водорода, кислорода, азота, серы, золы и влаги в рабочей массе, %

Влажность и зольность являются балластом рабочей массы. Первые 6 членов образуют сухую массу ТБО:

$$C^S + H^S + O^S + N^S + S^S + A^S = 100\%$$

Первые 5 членов образуют горючую массу ТБО:

$$C^G + H^G + O^G + N^G + S^G = 100\%$$

Зная морфологический состав ТБО и элементный состав отдельных компонентов, можно определить элементный состав всей массы рассматриваемых отходов:

$$C^P = C_1^P \cdot I_1 + C_2^P \cdot I_2 + \dots + C_n^P \cdot I_n$$

$$H^P = H_1^P \cdot I_1 + H_2^P \cdot I_2 + \dots + H_n^P \cdot I_n$$

$$O^P = O_1^P \cdot I_1 + O_2^P \cdot I_2 + \dots + O_n^P \cdot I_n$$

$$N^P = N_1^P \cdot I_1 + N_2^P \cdot I_2 + \dots + N_n^P \cdot I_n$$

$$S^P = S_1^P \cdot I_1 + S_2^P \cdot I_2 + \dots + S_n^P \cdot I_n$$

$$A^P = A_1^P \cdot I_1 + A_2^P \cdot I_2 + \dots + A_n^P \cdot I_n$$

$$W^P = W_1^P \cdot I_1 + W_2^P \cdot I_2 + \dots + W_n^P \cdot I_n$$

где: C_1^P, C_2^P, C_n^P - содержание в каждом компоненте ТБО углерода, %;

$H_1^P, O_1^P, N_1^P, S_1^P, A_1^P, W_1^P$ - то же водорода, кислорода, азота, серы, золы и воды;

I_1, I_2, I_n - доли соответствующих компонентов в общей массе ТБО.

$$\sum I = 1$$

Элементный состав и выход летучих продуктов различных фракций ТБО на горючую массу приведен в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Элементный состав ТБО

Состав ТБО	Элементный состав на горючую массу, %					
	C^G	H^G	O^G	N^G	S^G	W^G
Пищевые отходы	53.6	7.7	34.1	4.0	0.6	
Бумага, картон	46.2	6.2	47.1	0.3	0.2	
Дерево	51.0	6.1	42.6	0.2	0.1	
Кожа, резина	77.9	6.0	15.1	0.3	0.7	
Пластмасса	67.7	9.3	21.5	1.1	0.4	
Кости	53.6	7.7	34.1	4.0	0.6	
Текстиль	56.1	6.8	32.2	4.8	0.1	
Отсев, меньше 16 мм	46.4	6.3	47.0	0	0.3	

Пересчет с горючей массы каждого компонента на рабочую производится по формулам:

$$C_a^P = C_a^G \cdot (100 - W_a^G - A_a^P) / 100$$

$$O_a^P = O_a^G \cdot (100 - W_a^G - A_a^P) / 100$$

$$H_a^P = H_a^G \cdot (100 - W_a^G - A_a^P) / 100$$

$$N_a^P = N_a^G \cdot (100 - W_a^G - A_a^P) / 100$$

$$S_a^P = S_a^G \cdot (100 - W_a^G - A_a^P) / 100$$

Удельная низшая теплота сгорания ТБО на рабочую массу определяется по формуле Менделеева, кДж/кг:

$$Q_a^P = 4,18 \cdot (81 \cdot C_a^P + 300 \cdot H_a^P - 26 \cdot (O_a^P - S_a^P)) - 6 \cdot (9 \cdot H_a^P + W_a^P)$$

Расчет прогнозируемых агрохимических показателей компоста.

Все фракции ТБО условно подразделяются на три группы. В первую отнесены фракции, биологически легко разлагаемые и легко перерабатываемые механически в процессе ускоренного биотермического обезвреживания - пищевые отходы, бумага, отсев.

Вторая группа включает органические части, не подвергающиеся изменению в процессе ускоренного обезвреживания, которые в процессе дозревания компоста или при внесении его в почву будут разлагаться - дерево, текстиль, кости.

Третья группа - балластные составляющие, не подвергающиеся разложению под воздействием микроорганизмов, и, как правило, не попадающие в компост при аэробном биотермическом компостировании и последующей сепарации: металл, стекло, резина, камни, пластмасса.

Химические показатели определяются в компонентах первых двух групп, а влажность - в компонентах всех групп.
Усредненные данные по агрохимическим показателям компонентов ТБО приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. Усредненные данные по агрохимическим показателям компонентов ТБО (% на сухое вещество)

Компонент ТБО	Азот общий N	Фосфор P ₂ O ₅	Калий K ₂ O	Кальций СаО
Зимний сезон				
Пищевые отходы	2.5	0.62	2.2	3.5
Бумага, картон	0.4	0.25	0.2	0.7
Дерево, садовые отходы	0.2	0.1	0.2	0.8
Кости	4.0	15.0	0.5	40
Текстиль	1.0	0.2	0.1	0.2
Отсев менее 16 мм	1.4	0.7	0.45	8.0
Весенний сезон				
Пищевые отходы	2.6	0.6	2.0	3.0
Бумага, картон	0.3	0.26	0.15	0.8
Дерево, садовые отходы	0.2	0.12	0.25	0.8
Кости	4.0	15.0	0.5	40
Текстиль	1.0	0.2	0.1	0.2
Отсев менее 16 мм	0.7	0.6	0.3	6.5
Летний сезон				
Пищевые отходы	2.4	0.58	2.1	3.0
Бумага, картон	0.4	0.28	0.15	0.9
Дерево, садовые отходы	0.2	0.15	0.2	0.8
Кости	4.0	15.0	0.5	40
Текстиль	1.0	0.2	0.1	0.2
Отсев менее 16 мм	0.7	0.6	0.3	6.5
Осенний сезон				
Пищевые отходы	2.3	0.6	2.3	4.0
Бумага, картон	0.3	0.25	0.15	0.8
Дерево, садовые отходы	0.2	0.13	0.25	0.8
Кости	4.0	15.0	0.5	40
Текстиль	1.0	0.2	0.1	0.2
Отсев менее 16 мм	1.1	0.7	0.4	7.0

Зная морфологический состав ТБО и влажность его компонентов, можно (с учетом массового баланса мусороперерабатывающего завода) прогнозировать агрохимические показатели компоста.

2.4. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТБО

Важным показателем свойств ТБО является плотность. Плотность ТБО благоустроенного жилищного фонда в весенне-летний сезон (в контейнерах) составляет 0,18...0,22 т/м³; в осенне-зимний - 0,2...0,25 т/м³; для различных городов среднегодовое значение - 0,19...0,23 т/м³.

Значение удельной теплоемкости ТБО важно при расчетах теплотехнических параметров биобарабанов и других устройств для обезвреживания ТБО.

Удельная теплоемкость основных компонентов ТБО, Дж/(кг·град)	
Дерево, картон, бумага.....	2000...2500
Вода.....	4190
Стекло, камни.....	800...1000
Черный металл.....	400

Удельная теплоемкость ТБО и компоста, $C_{\text{тб}}$, Дж/(кг·град) зависит в основном от влажности и определяется по формуле:

$$C_{\text{тб}} = 21,9W + 2000, \text{ где}$$

W - влажность ТБО и компоста, %.

ТБО обладают механической, структурной, связностью за счет волокнистых фракций (текстиль, проволока и т. д.) и сцепления, обусловленного наличием влажных липких компонентов.

За счет связности ТБО обладают склонностью к сводообразованию и не просыпаются в неподвижную решетку с расстоянием между стержнями 20...30 см. ТБО могут налипать на металлическую стенку с углом наклона к горизонту до 65...70°. За счет наличия твердых балластных фракций (фарфор, стекло) ТБО (и компост) обладают абразивностью - свойством истирать соприкасающиеся с ними взаимоперемещающиеся поверхности.

ТБО обладают слеживаемостью, т.е. при длительной неподвижности теряют сыпучесть и уплотняются (с возможностью выделения филлята) без всякого внешнего воздействия. ТБО при длительном контакте оказывают на металлы коррозирующее воздействие, что связано с высокой влажностью, наличием в фильтрате растворов различных солей.

Компрессионная характеристика ТБО.

При проектировании установок для прессования ТБО необходимо знать компрессионную характеристику материала, т.е. зависимость

степени уплотнения ТБО от давления. В табл. 2.9. приведены ориентировочные значения давлений, которые применяются при различных способах прессования ТБО.

В зависимости от нагрузки свойства ТБО меняются следующим образом. При повышении давления до $3...5 \text{ кг/см}^2$ ($0.3...0.5 \text{ МПа}$) происходит ломка различного рода коробок и емкостей. Объем ТБО (в зависимости от его состава и влажности) уменьшается в $5...8$ раз, плотность возрастает до $0.8...1 \text{ т/м}^3$. В пределах этой стадии работают прессовые устройства, применяемые при сборе и удалении ТБО.

При повышении давления до $100...200 \text{ кг/см}^2$ ($10...20 \text{ МПа}$) происходит интенсивное выделение влаги (выделяется еще в $2...2.5$ раза содержащейся в ТБО воды). Объем ТБО снижается еще в $2...2.5$ раза при увеличении плотности в $1.3...1.7$ раза. Спрессованный до такого состояния материал на некоторое время стабилизируется, так как содержащейся в материале влаги недостаточно для активной жизнедеятельности микроорганизмов. Доступ кислорода в массу затруднен.

При повышении давления до 600 кг/см^2 (60 МПа) незначительно снижается объем (в основном за счет выдавливания влаги) и практически не возрастает плотность ТБО.

Таблица 2.9. Прессование при сборе, транспорте и переработке ТБО.

Способ прессования	Давление, кг/см^2 (10^5 Па)	Степень уплотнения
При сборе		
Прессование "сухих" отходов в учреждениях, торговых предприятиях	1...2	3...6
При транспорте		
Прессование в мусоровозе	0.2...1	1.5...3
Прессование при перегрузке	0.3...0.6	2...2.5
При переработке и захоронении		
Изготовление крупных блоков для захоронения в море	50...300	10
Прессование на специальных прессах при захоронении на полигонах	50...100	8...10
Послойное уплотнение на полигонах	1	3...4

Кроме конструкции прессы и условий прессования, на изменение свойств ТБО при их прессовании влияют влажность, морфологический и фракционный состав. На рис. 2.1 показаны экспериментально полученные компрессионные кривые для ТБО с различной начальной влажностью.

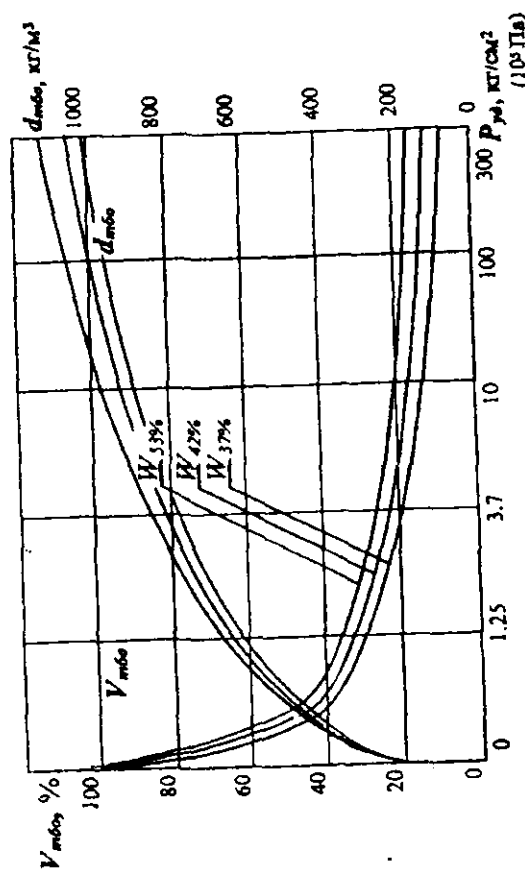


Рис. 2.1. Графики зависимости плотности ТБО $d_{тбо}$ и объема образца $V_{тбо}$ от удельного давления $P_{уд}$ для ТБО с различной начальной влажностью.

В зависимости от первоначальной влажности и условий прессования выдавливание влаги начинается при давлении $2.5...10 \text{ кг/см}^2$, соответственно при влажности $53...39\%$, что следует учитывать при разработке устройств для прессования ТБО.

Однако, при неподвижном положении ТБО фильтр может начать выдавливаться и при значительно меньшем давлении, с этим приходится сталкиваться на мусороперерабатывающих предприятиях при использовании резервных бункеров и при технологических и аварийных простоях биобарабанов.

ГЛАВА 3. СБОР И ТРАНСПОРТ ТБО

3.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

Сбор и удаление бытовых отходов в городах и населенных пунктах осуществляются специализированными в сроки, предусмотренные санитарными правилами.

Отходы, образующиеся при строительстве, ремонте, реконструкции жилых и общественных зданий, объектов культурно-бытового назначения, а также административно-бытовых помещений предприятий, вывозят транспортом строительных организаций на специально выделенные участки. Неутилизируемые отходы промышленных предприятий вывозят транспортом этих предприятий на специальные сооружения или полигоны для их обезвреживания и захоронения.

Организация плано-регулярной системы и режим удаления бытовых отходов определяются на основании решений местных административных органов по представлению органов коммунального хозяйства и учреждений санитарно-эпидемиологического надзора (СЭН).

Система сбора и удаления бытовых отходов включает в себя:

- ♦ подготовку отходов к погрузке в собирающий мусоровозный транспорт;
- ♦ организацию временного хранения отходов в домовладениях;
- ♦ сбор и вывоз бытовых отходов с территорий домовладений и организации;
- ♦ обезвреживание и утилизацию бытовых отходов.

Жилищный фонд городов и населенных пунктов разделяется на благоустроенный (газ, центральное отопление, водопровод, канализация). Неблагоустроенный жилищный фонд подразделяется на коммунальный и фонд на правах личной собственности.

Условно можно принять, что города России, с учетом средних годовых температур воздуха, расположены в трех климатических зонах (северная, средняя и южная), поэтому следует учитывать их особенности при выборе систем сбора, периодичности вывоза, санитарной обработки сборников и выполнении других мероприятий.

Периодичность удаления бытовых отходов выбирается с учетом сезонов года, климатической зоны, эпидемиологической обстановки, согласовывается с местными учреждениями санитарно-эпидемиологического надзора и утверждается решением местных административных органов.

Как правило, устанавливают следующие сроки удаления бытовых отходов:

- с территорий домовладений - не реже одного раза в три дня;
- с территорий домовладений с особым режимом или в южной

зоне - ежедневно.

Периодичность санитарной обработки сборников:

- для северной (летний период) и средней зон - один раз в 15 дней;
- для южной зоны - один раз в 10 дней.

Мойка сборников производится жилищно-эксплуатационными и другими организациями.

При наличии машин, предназначенных для мойки сборников, их мойку и санитарную обработку может осуществлять специализированное за дополнительную плату. В число объектов обязательного обслуживания специализированных включают жилые здания, встроенные в жилые дома предприятия торговли, общественного питания, кинотеатры, пошивочные мастерские и другие предприятия. Из числа отдельно стоящих объектов подлежат обязательному обслуживанию больницы, поликлиники, гостиницы, общепития, детские сады и ясли. Школы и другие учебные заведения, театры, кинотеатры и рынки. Специализированные заведения, принимающие к обслуживанию ведомственные жилищный фонд, предприятия, которые не имеют на балансе мусоровозных машин, и предприятия культурно-бытового назначения ведомственного подчинения.

Правильная организация системы сбора и удаления отходов предполагает наличие исчерпывающих сведений об обслуживаемых объектах. Для получения данных необходимо обследовать все намеченные к обслуживанию объекты и провести их паспортизацию.

Соответствующие сведения должны быть получены и при заключении договоров с другими организациями. При обследовании выявляют необходимость объединения или изменения места установки сборников бытовых отходов с целью создания лучших условий для жильцов и работы мусоровозных машин. Существенное значение имеет водительности мусоровозных машин. Исходными данными для планирования мест установки сборников. Исходными данными для планирования количества подлежащих удалению отходов являются нормы накопления бытовых отходов, определяемые для жилых домов, а также для объектов культурно-бытового назначения.

Взаимоотношения и обязанности сторон определяются договором.

Жилищные организации:

- заключают договоры на сбор и вывоз ТБО с предприятиями по санитарной очистке (специализированными);
- устраивают бетонированные или асфальтированные площадки под сборники, обеспечивают к ним свободный подъезд и освещение площадок (при необходимости);
- обеспечивают мойку и дезинфекцию контейнеров (сборников) в соответствии с требованиями СЭН, а также их исправное состояние;
- отводят специальные площадки для хранения шлака, строи-

тельных отходов и т. п.;

- принимают участие в обследовании домовладений с представлениями СЭН и устраняют отмеченные в актах обследований недостатки;
- подтверждают предприятиям по санитарной очистке фактическое количество вывезенных отходов;
- проводят среди населения широкую разъяснительную работу по организации сбора и удаления отходов;
- осуществляют контроль за выполнением графиков по удалению отходов из домовладений.

Предприятия по санитарной очистке:

- несут ответственность за своевременное удаление бытовых отходов;
- изучают район или участок, подлежащий очистке, и составляют совместный с представителями жилищных организаций и СЭН акты обследований;
- контролируют жилищные органы по устранению недостатков, отмеченных в актах (приведение в порядок сборников, площадок под них, подъездных путей, освещения и т. п.);
- определяют совместно с представителями жилищной организации и СЭН необходимое количество сборников для отходов и места их установки в домовладениях;
- разрабатывают маршрутные графики движения мусоровозного транспорта, а также проводят их корректировку в связи с изменениями в застройке.

На предприятиях по обезвреживанию и переработке ТБО (полигоны, мусороперерабатывающие и мусоросжигательные заводы) должен производиться контроль (и отметка в путевых листах) количества выполненных рейсов. Для контроля количества доставленного отходов на предприятиях по их обезвреживанию и переработке целесообразна установка автовесов. В случае применения в обслуживаемом районе раздельного сбора составляющих компонентов отходов (пищевые, крупногабаритные отходы и т. д.) их количество учитывают в общих нормах накопления.

3.2. СБОР И УДАЛЕНИЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТХОДОВ

К крупногабаритным относятся отходы, по габаритам не помещающиеся в стандартные контейнеры вместимостью 0,75 м³ (табл. 3.1). По результатам проведенных в предыдущие годы замеров в Москве в среднем за год на 1 человека накапливается около 40 кг крупногабаритных отходов плотностью 210 кг/м³. Примерно 25 % от этого количества составляют обычные ТБО, имеющие линейные размеры до 250 мм и по какой-либо причине попавшие в бункер для крупногабаритных отходов.

Таблица 3.1. Ориентировочный состав крупногабаритных отходов.

Материал	Содерж., %	Составляющие
Дерево	60	Мебель, обрезки древесины, доски, ящики, фанера
Бумага, картон	6	Упаковочные материалы
Пластмасса	4	Детск. ванночки, тази, линолеум, пленка
Керамика, стекло	15	Раковины, унитазы, листовое стекло
Металл	10	Холодильники, газовые плиты, стиральные машины, велосипеды, баки, стальные мойки, радиаторы отопления, детали легковых машин, детские коляски
Резина, кожа, изделия из смешанных материалов	5	Шины, чемоданы, диваны, телевизоры

Анализ состава крупногабаритных отходов показывает, что более половины по массе составляют предметы из дерева, а 80 % - легкосгораемые компоненты. Сбор крупногабаритных отходов производится в бункера-накопители вместимостью до 12 м³, которые устанавливаются на специальной площадке, расположенной на территории домовладения. Площадка должна иметь твердое покрытие и находиться в непосредственной близости от проезжей части дороги. Ее располагают на расстоянии не менее 20 м от жилых домов и не далее 300 м от входных дверей обслуживаемых зданий. Вокруг площадки устраивают зеленые насаждения. Размер площадки выбирают с учетом габаритов бункера-накопителя и условий подъезда автомобиля при его заезде. Подъезд к площадке и сама площадка должны быть освещены.

Вывоз крупногабаритных отходов производится по графику, согласованному с жилищной организацией и утвержденному транспортной организацией, осуществляющей их вывоз, а также по заявкам жилищных организаций. Сжигать крупногабаритные отходы на территории домовладений запрещается. Число бункеров-накопителей, обслуживающих район, определяют с учетом нормы накопления, плотности крупногабаритных отходов, объема бункера и периодичности вывоза.

3.3. СБОР ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ

Пищевые отходы являются ценным сырьем для животноводства. В них содержатся крахмал, каротин, белки, углеводы, витамины и другие ценные компоненты. Средняя норма сбора пищевых отходов у населения составляет 30 кг/чел. в год. Состав и накопление пищевых от-

товительные предприятия, со стороны потребителей предъявляются повышенные требования, все большее применение для их доставки находят двухслойные мешки разового использования. Внутренний мешок изготовлен из полиэтиленовой пленки, наружный - из влагостойкой бумаги.

Качество приготовляемых кормов характеризуется такими показателями, как поедаемость (запах, вкусовые качества), консистенция, содержание сухого вещества, загрязненность, наличие балластных примесей, калорийность, содержание питательных веществ - сырого протеина, минеральных и биологически активных веществ.

Питательная ценность такого корма - 0,2...0,33 кормовые единицы. Согласно ветеринарно-санитарным нормам пищевые отходы, доставляемые в откормочные хозяйства, должны быть обработаны термическими методами - провариванием и высушиванием, очищены от балластных фракций. Процесс стерилизации способствует получению корма, легко усвояемого животными. Продолжительность термической обработки для обеззараживания независимо от применяемого метода должна быть не менее: при температуре 100 °C - 60 мин, при температуре 110 °C - 40 мин.

Химический состав пищевых отходов (% общей массы).

Влага общая	72...85
Сухое вещество	15...28
В том числе:	
протеин	1,7...4,4
жир	0,4...1,6
безазотистые экстрактивные вещества	11,4...15,5
клетчатка	1...3
зола	1,8...2,4

Масса вареных пищевых отходов должна содержать не менее 70 % частиц размером фракций до 20 мм. Остальная часть отходов должна содержать частицы размером фракций не более 40 мм. При назначении рационов вареные отходы охлаждают до 70-75 °C и смешивают с другими видами кормов, например комбикормами. Допустимая неоднородность смешивания - не более 10 %.

3.4. СЕЛЕКТИВНЫЙ СБОР ТБО

Одним из важнейших мероприятий в области обращения с отходами, в том числе ТБО, является раздельный сбор вторичного сырья, который осуществляется:

посредством организации стационарных и передвижных пунктов приема вторсырья от населения;

ходов изменяются по сезонам года (табл. 3.2).

Как следует из приведенных данных, пищевые отходы вместе с кормовой частью содержат до 8...15 % балластных примесей (полимерные упаковки, стекло, резину, металлы, бумагу разных сортов и др.). Упаковочные материалы, и в первую очередь полиэтилен, картон, бумага, ухудшают работу технологического оборудования предприятий по приготовлению кормов, снижают качество кормов, ухудшают их товарный вид.

Таблица 3.2. Ориентировочный состав пищевых отходов, %

Состав	Сезон года	
	Лето-осень	Зима-весна
Картофель и его очистки	25-38	38...50
Другие овощи	25-38	9...15
Фрукты	20-25	18...24
Мясо, колбасы	3...5	3...5
Мясные кости	3...4	3...4
Рыба, рыбные кости	2...3	2...3
Хлеб и хлебобулочные продукты	2	2
Молочные продукты	0.5	0.5
Яичная скорлупа	0.5	0.5
Прочие (не пищевые) отходы, упаковка	5...8	5...15

Пищевые отходы, образующиеся на предприятиях общественного питания, пищевой промышленности, овощных хранилищах, не содержат, как правило, балластных примесей в отличие от пищевых отходов, собираемых у населения. Отходы, образующиеся на предприятиях рыбной, мясо-молочной, хлебопекарной промышленности и содержащие сыровотку, мучной смет, солодовую дробину и ростки, пивные дрожжи и др., используют как добавки к приготовляемым кормам.

Влажность пищевых отходов изменяется по сезонам года. В осенний период из-за преобладающего содержания в пищевых отходах овощных и фруктовых отходов их влажность достигает 80 %, в весенний период она не превышает 70 %. Влажность пищевых отходов предприятий общественного питания составляет 85-90 %.

Сбор пищевых отходов производится во многих европейских странах, в частности в Германии, Чехии, Швеции, Румынии, Финляндии, Норвегии и др. В Финляндии пищевые отходы собирают главным образом в ресторанах, школах, интернатах и т. д. Для сбора пищевых отходов используют сборники вместимостью 50 л. В связи с тем, что к качеству пищевых отходов, доставляемых на кормопро-

на специальных мусоросортировочных цехах на полигонах ТБО или мусороперегрузочных станциях;

Раздельный сбор вторичного сырья позволяет добиться значительного сокращения объемов ТБО, что существенно снижает нагрузку полигонов ТБО или мусороперерабатывающих заводов, уменьшает число стихийных свалок, оздоравливает экологическую обстановку. Дальнейшая переработка собираемого таким образом сырья является экологически приемлемым, энерго и ресурсосберегающим производством, ведет к экономии ценнейшего, а подчас и стратегически важного сырья.

Созданная ранее система переработки и, особенно, сбора вторичного сырья в Российской Федерации не функционирует полностью. Число пунктов по сбору вторсырья сократилось в десятки раз, а в большинстве случаев они отсутствуют полностью. В то же время интенсивное развитие в городе торговых комплексов и предприятий сферы обслуживания населения приводят к значительному увеличению в составе образующихся отходов вторичных материалов (макулатуры, стеклянной и металлической тары, полимеров, текстиля и других). Ухудшение санитарной и экологической обстановки в городах, загрязненность улиц, перегрузка полигонов по захоронению ТБО во многом вызваны обилием именно вторичных материалов. Материалов, которые можно и нужно собирать и перерабатывать.

По данным Академии коммунального хозяйства (таблица 3.3) в составе ТБО жилого фонда и особенно ТБО общественных и торговых предприятий содержится значительное количество утильных фракций (бумага, картон, полимерные материалы, металлы). В последние годы в составе ТБО крупных городов России произошли изменения в сторону увеличения содержания бумаги, картона, текстиля. Наблюдается существенный рост количества полимерных материалов и цветного металлолома. Все это способствует увеличению выпуска полуфабрикатов, расфасованных продуктов, изделий из синтетических материалов и т.д.

В настоящее время вторичные материалы выбираются из части (и очень небольшой части) ТБО перед вывозом их на полигоны по захоронению отходов, либо на самих полигонах.

С 1998 года институтом Гипрокоммунстрой - головной организацией по проектированию мусороперерабатывающих заводов в России - в состав всех проектов мусороперерабатывающих заводов стали закладывать цеха предварительной разборки отходов с извлечением вторсырья.

В основу проектирования этих цехов положены «Санитарные правила по сбору, хранению, транспортировке и первичной обработке вторичного сырья» (Москва, 1982г.)

Для работающих на постах ручного отбора создаются условия повышенного комфорта: закрытые остекленные галереи с местным усиленным освещением и кондиционированием воздуха.

Для персонала предусматривается непромокаемая спецодежда, плотные рукавицы, респираторы или марлевые повязки. Обязательны прививки от опасных болезней и периодические медосмотры.

Проектируются также автономные, отдельно стоящие мусоросортировочные станции.

Таблица 3.3. Содержание утильных фракций в ТБО, и объемы возможной утилизации (данные для Москвы)

Компонент	Содержание компонента, % к общей массе		Объем утилизации утильных фракций, % к общей массе		
	Жилой фонд	Коммерческий сектор	При раздельном сборе	После ревозки в мусоровозе	Коммерческий сектор
Бумага, картон	41,0	56,6	36,6	5,0	60,0
Полимеры	6,2	7,6	5,0	1,0	7,1
Стекло	4,4	1,6	3,0	3,0	1,3
Текстиль	4,6	1,1	5,0	1,0	0,1
Металл: цветн.	1,7	1,3	0,62	0,4	1,3
черный	2,8	3,0	5,0	1,0	3,0
Дерево, листья	1,6	2,9	0,5	0,5	1,0
Пищ. отходы	26,3	10,4	-	-	-
Прочие	11,4	5,5	-	-	-
Итого	100	100	55,72	11,9	73,8

Несмотря на то, что ТБО из жилого фонда являются крупным источником вторичного сырья, практическая реализация селективного сбора полезных компонентов отходов представляет собой сложную проблему, связанную как с организацией сбора, так и с фактической переработкой загрязненного материала, а также с уровнем цен на вторичное сырье соответствующего качества. Наибольший интерес представляет селективный сбор утильных фракций ТБО от общественных и торговых предприятий, качество которых выше, чем качество утильных фракций ТБО жилого фонда.

Восстановление и создание приемных пунктов для сбора вторсырья, кроме всего прочего, приведет к созданию новых рабочих мест, в том числе для инвалидов, а также источника дополнительного дохода для наиболее неимущих слоев населения.

Как показывает практика, доход этих людей находится ниже

среднего уровня. Поэтому деньги, получаемые ими на наших пунктах, зачастую существенно влияют на их бюджет. Более того, заставляют этих людей активно заниматься сбором вторсырья, внося свой вклад в очистку улиц города.

Давно уже не секрет, что прием вторсырья у населения, особенно в части лома и отходов цветных металлов в ряде случаев провоцирует отдельных людей на совершение хищений, на что необходимо обращать особое внимание при организации пунктов сбора вторсырья у населения.

Следует отметить также, что в торговых точках легче чем в жилой зоне организовать централизованный селективный сбор и транспортировку утильных компонентов.

Опыт ряда стран показывает, что система селективного сбора ТБО, позволяет на 30-40% снизить количество отходов, подлежащих вывозу на полигоны и мусороперерабатывающие предприятия, рационально использовать вторичные ресурсы.

Извлечение утильных фракций непосредственно на мусороперерабатывающих предприятиях должно базироваться на выпускаемом серийно в Российской Федерации или за рубежом оборудовании (см. выше).

Отбор утильных фракций на мусороперерабатывающих заводах преследует три цели:

- ♦ сокращение объема направляемых на обезвреживание и переработку ТБО;
- ♦ экономии природных ресурсов;
- ♦ улучшение самого процесса обезвреживания и переработки ТБО и качества получаемого в результате переработки ТБО компоста за счет его очистки от балластных фракций.

Максимальный экономический и экологический эффект, связанный с извлечением утильных фракций и экономией природных ресурсов, реализуется на трех стадиях сбора и удаления ТБО:

- ♦ при селективном сборе ТБО общественных и торговых предприятий;
- ♦ при сборе вторсырья от населения на специально организованных пунктах;
- ♦ при механизированном обезвреживании и переработке остальной массы ТБО на мусороперерабатывающих предприятиях.

Внедрение указанных мероприятий позволяет не только снизить ущерб, причиняемый окружающей среде отходами, финансово поддерживать наименее обеспеченных граждан, но и получить ценное вторичное сырье для промышленности, естественные источники которого не беспредельны.

3.5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СБОРА И УДАЛЕНИЯ ТБО

Мусоропроводы

Мусоропровод включает в себя клапаны, дефлектор, зачищенное моюще-дезинфицирующее устройство, шиббер и мусоросборную камеру с оборудованием. Мусоропроводы предусматривают: в жилых зданиях - с отметкой пола верхнего этажа от уровня планировочной отметки земли более 11,2 м; в зданиях вышших учебных заведений выше 3 этажей, гостиницах и отелях на 100 мест и более; в двухэтажных и выше зданиях больниц на 250 коек и более и родильных домах на 130 коек и более; в других общественных зданиях выше пяти этажей.

Мусоропровод с загрузочными клапанами в жилых зданиях располагают на площадках отопляемых лестничных клеток или в поэтажных холлах; в общественных зданиях - преимущественно в комнатах для обслуживающего персонала, помещениях для хранения инвентаря и других подсобных помещениях.

На промежуточных площадках лестничных клеток загрузочные клапаны следует размещать через этаж. В южной климатической зоне ствол мусоропровода может размещаться на неотапливаемых лестничных клетках и в наружных переходах. В Северной климатической зоне ствол мусоропровода располагают в глубине здания.

Расстояние от квартир или комнат общежития до ближайшего загрузочного клапана не должно превышать 25 м. Ствол мусоропровода не должен сужаться установленными нормами пути эвакуации людей и препятствовать открыванию и чистке окон, дверей переходных лестничных и т. п., а к его загрузочным клапанам должен быть обеспечен удобный освещенный подход.

Ствол мусоропровода должен удовлетворять таким требованиям:

- ствол мусоропровода должен изготавливаться из материалов, соответствующих противопожарным и санитарным требованиям, все его неподвижные соединения (стыки труб, крепления клапанов и т.д.) должны быть водо- дымо- и воздухоонепроницаемыми;
- в месте прохода каналов через кровлю должна быть обеспечена водонепроницаемость;
- внутренняя поверхность ствола выполняется гладкой, без выступов, раковин, трещин и наплывов;
- открыто расположенный ствол мусоропровода необходимо отделять от строительных конструкций звукоизолирующими упругими прокладками;
- в нижней части ствола мусоропровода должен быть установлен шиббер (рис 3.1);
- выход ствола мусоропровода в мусоросборной камере должен обеспечивать возможность установки под ним стандартного контейнера;
- ствол мусоропровода должен иметь эффективную систему вен-