

УДК 614.715

Жовмир Н.М.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ БИОМАССЫ

Виконано аналіз нормативних вимог щодо гранично допустимих викидів забруднюючих речовин при спалюванні чистої біомаси. Відмічено підвищення екологічних вимог в країнах ЄС та Україні. Показано, що встановлені в Україні гранично допустимі викиди твердих часток стосовно котлів малої та середньої потужності для спалювання чистої біомаси є більш жорсткі ніж в провідних країнах ЄС. За прикладом провідних країн ЄС доцільно і в Україні встановити гранично допустимі викиди забруднюючих речовин з врахуванням виду біомаси, що спалюється, та теплової потужності енергоустановок, які були б технічно здійсненними та економічно прийнятними на сучасному рівні розвитку котельної техніки.

Выполнен анализ нормативных требований к предельно допустимым выбросам загрязняющих веществ при сжигании чистой биомассы. Отмечено повышение экологических требований в странах ЕС и Украине. Показано, что установленные в Украине предельно-допустимые выбросы твердых частиц применительно к котлам малой и средней мощности для сжигания чистой биомассы являются более строгими, нежели нормативы в ведущих странах ЕС. По примеру ведущих стран ЕС целесообразно и в Украине установить предельно-допустимые выбросы загрязняющих веществ с учетом вида сжигаемой биомассы и тепловой мощности энергоустановок, которые были бы технически выполнимы и экономически приемлемы на современном уровне развития котельной техники.

Analysis of regulatory requirements for allowable pollutants emissions at clean biomass combustion is presented. Improved environmental performance requirements were introduced in the EU and Ukraine. It is shown what installed in Ukraine particles emission limits as to small and medium capacity boilers for pure biomass burning are more stringent than the requirements in leading EU countries. In Ukraine, following practice in the leading EU countries, it is expedient to set permissible pollutant emissions limits, taking into account the type of burnt biomass and the thermal input of plant that would be technically acceptable and economically feasible at the current level of boiler equipment development.

Сжигание биомассы является наибольшим источником загрязнения атмосферного воздуха во многих районах мира, как в развитых, так и в развивающихся странах. Сжигание биомассы в мире обуславливает выбросы 32 % оксида углерода, 20 % частиц, 50 % высоко канцерогенных полиароматических углеводородов. Почти 95 % всего сжигания биомассы организовано людьми. Дым от сжигания биомассы является особенно опасным, поскольку значительная часть образующихся частиц имеют размер менее 10 мкм и легко могут проникать глубоко в легкие, вызывая повышение уровня заболеваемости дыхательных путей и сердца [1].

По данным Международного энергетического агентства энергетическое потребление биомассы достигло 1,5 млрд. т. н.э., что эквивалентно 12,8 % от общего потребления первичных энергетических ресурсов в мире, а в ряде стран, таких как Австрия, Дания, Швеция,

вклад биомассы в энергообеспечение значительно больше. Ведущие страны мира озабочены эмиссией загрязняющих веществ, образующихся при сжигании биомассы. Так в Швеции, эмиссия частиц PM10 от установок, сжигающих биомассу, в 6 раз превышает эмиссию малых частиц от всех транспортных средств. Поэтому для снижения загрязнения атмосферного воздуха частицами, образующимися при сжигании биомассы, реализуется целевая программа "Biofuels, Health and Environment" [2]. Датское агентство по защите окружающей среды отмечает проблему повышенной эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы и ее решение считается приоритетным заданием национального экологического плана действий на 2010-2011 г.г. [3].

Сжиганию биомассы присуща сложность процессов и их зависимость от многих факторов, которые тяжело поддаются технологи-

ческому контролю. Вследствие этого показатели эмиссии могут сильно отличаться в зависимости от вида биомассы, ее состояния перед сжиганием, способа сжигания, тепловой мощности энергоустановки, аэродинамики и смеобразования в топке, характера теплообмена в топке, реализации первичных и вторичных мероприятий по снижению эмиссии. Как правило, применяемые технологии сжигания зависят от тепловой мощности энергоустановки, причем в маломощных установках чаще реализуются простые технологии с минимальным уровнем автоматизации процесса горения.

В настоящее время в Украине проводится гармонизация экологических требований к энергетическому оборудованию с требованиями стран ЕС. Одномоментное принятие высоких экологических требований к новым энергоустановкам, сжигающим биомассу, может заблокировать ввод в эксплуатацию нового оборудования, привести к значительному его усложнению и удорожанию, и в результате по техническим и экономическим причинам потенциал энергетического использования биомассы окажется нереализованным.

Общие для стран ЕС требования по предельно-допустимой эмиссии загрязняющих веществ при сжигании топлив в энергоустановках мощностью более 50 МВт были установлены Директивой 2001/80/ЕС, в которой особо конкретизированы требования к эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы в больших энергетических установках [4]. В соответствии с Директивой 2010/75/EU [5] в директиву 2001/80/ЕС вносятся изменения по снижению допустимых эмиссий. В последней директиве определение «биомасса» имеет следующее значение: «продукция, состоящая из растительного материала от сельского или лесного хозяйства, которая может быть использована как топливо с целью извлечения энергии содержащейся в ней, а также следующие отходы: растительные остатки сельского и лесного хозяйства; растительные остатки пищевой перерабатывающей промышленности при условии, что генерируемое тепло утилизи-

руется; волокнистые растительные материалы от производства первичной бумажной массы и производства бумаги из бумажной массы при их сжигании по месту производства с утилизацией энергии; отходы пробки; отходы древесины кроме тех, которые могут содержать галогенсодержащие органические соединения или тяжелые металлы в результате выполнения сохраняющей пропитки или нанесения покрытий...». Такое определение в литературе зачастую трактуют, как чистая биомасса, незагрязненная биомасса.

В табл. 1 приведены требования к эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы в установках мощностью более 50 МВт в соответствии с требованиями Директив 2001/80/ЕС и 2010/75/EU. Этими документами установлены предельные значения эмиссии кислотных газов (SO_2 и NO_x), а также эмиссии пыли, поскольку ограничение эмиссии частиц благоприятствует снижению трансграничного переноса тяжелых металлов с ними связанных. Эмиссия загрязняющих веществ при сжигании загрязненной биомассы и других отходов регулируется Директивой ЕС 2000/76/EG, PB L 332 Waste incineration Directive.

Предельно-допустимые нормативы выброса загрязняющих веществ отопительными котлами мощностью до 300 кВт, которые сжигают уголь, дрова, гранулы, установлены стандартом EN 303-5 [6], которым нормируется предельная эмиссия CO, органически связанного углерода и пыли в зависимости от класса котла (табл. 2).

Что касается эмиссии загрязняющих веществ при сжигании биомассы в промышленных котлах малой и средней мощности (до 50 МВт), которые чаще всего сжигают древесину в виде щепы и древесные отходы, отходы перерабатывающей промышленности и солому, то требования к предельно-допустимой эмиссии загрязняющих веществ устанавливаются в каждой стране самостоятельно и отличаются величиной, единицами измерения, референтными условиями их определения. Далее эти требования цитируются в том

Табл. 1. Требования Директив ЕС к эмиссии загрязняющих веществ при сжигании чистой биомассы в новых энергоустановках мощностью по топливу более 50 МВт (в мг/нм³ при концентрации кислорода в дымовых газах 6 % об.)

	Директива 2001/80/ЕС [4]			Директива 2010/75/EU [5]		
	Мощность энергоустановки по топливу, МВт			Мощность энергоустановки по топливу, МВт		
	50..100	100..300	>300	50...100	100...300	>300
NO _x (как NO ₂)	400	300	200	250	200	150
SO ₂	200	200	200	200	200	150
Пыль	50	30	30	20	20	20

Табл. 2. Предельнодопустимая эмиссия загрязняющих веществ при сжигании дров и гранул в отопительных котлах по EN 303-5 [6]

Вид топки	Теплопроизводительность, кВт	Предельно допустимая эмиссия, мг/нм ³ при 10 % O ₂								
		СО			Органически связанный углерод			Пыль		
		Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 1	Класс 2	Класс 3
ручная	≤ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	200	180	150
	> 50 до 150	12500	5000	2500	1500	200	100	200	180	150
	> 150 до 300	12500	2000	1200	1500	200	100	200	180	150
автоматическая	≤ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	200	180	150
	> 50 до 150	12500	4500	2500	1250	150	80	200	180	150
	> 150 до 300	12500	2000	1200	1250	150	80	200	180	150

виде, как они приводятся в литературных источниках. Среди стран ЕС Дания является одним из лидеров энергетического использования биомассы, а действующие требования к показателям эмиссии котлов для ее сжигания приведены в табл. 3.

Следует отметить, что экологическим законодательством Дании запрещено создание новых котельных мощностью до 5 МВт для сжигания угля, бурого угля и других подобных ископаемых топлив [7]. Из сравнения установленных в Дании экологических нормативов следует, что для котлов мощностью более 1 МВт сжигающих биотоплива установлены более жесткие требования по сравнению с

котлами на угле. Для котлов мощностью до 120 кВт сжигающих древесное топливо и сжигающих солому мощностью до 1 МВт четких требований не установлено. В соответствии с экологическим законодательством Дании, для тех видов топлива и уровня мощности котлов, для которых не установлены требования, действует принцип применения лучшей имеющейся технологии. При эксплуатации котлов со сжиганием соломы происходит значительная эмиссия через дверь топки при загрузке топлива и удалении очаговых остатков. Поэтому требование к размещению установок для сжигания соломы не ближе 200 м от жилых зданий [7] является оправданным.

Котлы для сжигания соломы, которые эксплуатируются в системах теплоснабжения Дании, не соответствуют действующим экологическим нормативам по эмиссии СО и твердых частиц, что и подчеркивают авторы работы [8]. По взаимному согласованию Датского энергетического агентства, Датского агентства по защите окружающей среды и производителями малых котлов установлены менее жесткие требования, применяемые при сертификации малых котлов для сжигания биомассы. Данные о допустимых эмиссиях загрязняющих

веществ для котлов мощностью до 200 кВт с автоматическим сжиганием биомассы и котлов мощностью до 400 кВт с периодическим сжиганием и ручным обслуживанием приведены в табл. 4 [8].

Предельные значения эмиссии загрязняющих веществ от отопительных котлов со сжиганием биомассы мощностью до 300 кВт в Австрии приведены в табл. 5. Можно отметить, что допустимые эмиссии продуктов неполного сгорания для котлов с ручным обслуживанием в два раза выше, чем для автоматических

Табл. 3. Предельно-допустимые показатели эмиссии загрязняющих веществ при сжигании ископаемых топлив и биомассы в Дании [7]

Вид топлива	Мощность котла по топливу, МВт	СО, мг/нм ³	NO _x , мг/нм ³	Твердые частицы, мг/нм ³
Уголь (при 10 % O ₂)	5 ... 50	100	200	100
Чистая древесина (при 10 % O ₂)	0,12..1,0	500	-	300
	> 1...5	625	-	40 (100*)
	5...50	625	300	40 (100*)
Солома и подобные топлива (при 10 % O ₂)	< 1,0	-	-	-
	1..5	625	-	40
	5...50	625	300	40

* – при оснащении котла конденсационной установкой.

Табл. 4. Показатели допустимой эмиссии загрязняющих веществ для малых котлов со сжиганием биомассы в Дании [8]

Топливо	Способ сжигания	Эмиссия СО при 10 % O ₂ и 30 % нагрузке котла, % об.	Эмиссия СО при 10 % O ₂ и 100 % нагрузке котла, % об.	Эмиссия твердых частиц при 10 % O ₂ , мг/нм ³
Дрова, гранулы, древесная щепа, обрезки, зерно злаков	Периодический, ручное обслуживание	0,50	0,50	300
Дрова, гранулы, древесная щепа, обрезки, зерно злаков	Автоматический	0,15	0,10	300
Солома	Периодический	0,80	0,80	600
Солома	Автоматический	0,40	0,30	600

котлов, а по выбросам оксидов азота и твердых частиц – одинаковы.

В табл. 6 приведены допустимые показатели эмиссии загрязняющих веществ промышленными водогрейными котлами со сжиганием твердого ископаемого топлива и древесины в Австрии. Из приведенных данных видно, что для котлов на древесине особо регламентируется выброс летучих органических соединений. Если учесть различие рефе-

рентных концентраций кислорода, то можно заключить, что в Австрии допустимая эмиссия СО и твердых частиц при сжигании древесины больше, чем при сжигании твердых ископаемых топлив.

Из данных о предельно допустимой эмиссии загрязняющих веществ в ФРГ (табл. 7), можно сделать вывод, что допустимые выбросы загрязняющих веществ при сжигании чистой древесины менее жесткие, нежели при

Табл. 5. Предельные показатели эмиссии загрязняющих веществ для отопительных котлов мощностью до 300 кВт в Австрии [9]

Тип котла	СО,		NO _x ,		Летучие органические соединения		Твердые частицы	
	мг/МДж	мг/нм ³	мг/МДж	мг/нм ³	мг/МДж	мг/нм ³	мг/МДж	мг/нм ³
С ручной загрузкой топлива	1100	4300*	150	585*	80	310*	60	230*
С автоматической загрузкой топлива	500	2000*	150	585*	40	155*	60	230*

* – пересчет в мг/нм³ для продуктов сгорания с концентрацией O₂ = 0 % выполнен автором статьи.

Табл. 6. Предельные показатели эмиссии загрязняющих веществ для промышленных водогрейных котлов в Австрии [9]

Вид топлива	Мощность котла по топливу, МВт	СО, мг/нм ³	Летучие органические соединения, мгС/нм ³	NO _x , мг/нм ³	SO ₂ , мг/нм ³	Твердые частицы, мг/нм ³
Твердые топлива кроме древесины (при 6 % O ₂)	< 0,35	1000	–	–	–	150
	0,35...1	1000	–	400	–	150
	1...2	150	–	400	–	150
Природная древесина (при 13 % O ₂)	< 0,15	800	50	250/300/500*	-	150
	0,15..0,35	800	50	250/300/500*	-	150
	0,35..0,5	250	20	250/300/500*	-	150
	0,5..1,0	250	20	250/300/500*	-	150
	1..2	250	20	250/300/500*	-	150

* первое значение для природной древесины; второе – для бука, дуба, природной коры, хвороста, вершущек; третье – для отходов древесины, не обработанной химическими реагентами содержащими галогены и тяжелые металлы.

Табл. 7. Предельные показатели эмиссии загрязняющих веществ для котлов в ФРГ [10]

Вид топлива	Мощность котла по топливу, МВт	СО, мг/нм ³	NO _x , мг/нм ³	SO ₂ , мг/нм ³	Твердые частицы, мг/нм ³
уголь (при 7 % O ₂)	1...5	150	500	1000	50
торф (при 11 % O ₂)	1...5	150	500	–	50
Солома и подобные топлива (при 13 % O ₂)	до 0,1	4000	–	350	150
Солома и подобные топлива (при 11 % O ₂)	0,1...1	250	500	350	50
	1...50	250	400	350	20
Чистая древесина (при 13 % O ₂)	0,015..0,05	4000	–	–	150
	0,05..0,15	2000	–	–	150
	0,15..0,5	1000	–	–	150
	0,5..1,0	500	–	–	150
Чистая древесина (при 11% O ₂)	1,0 ... 2,5	150	250	350	100
Бывшая в употреблении древесина низкой загрязненности (при 11 % O ₂)	1...5	150	400	350	50
Бывшая в употреблении древесина высокой загрязненности (при 11 % O ₂)	все	50	200	50	10

сжигании угля и торфа, а при сжигании бывшей в употреблении древесины наоборот – намного жестче. Для котлов со сжиганием соломы допустимая эмиссия СО значительно больше, чем при сжигании угля или торфа, но допустимая эмиссия твердых частиц для котлов мощностью до 1 МВт – такая же, а для котлов более 1 МВт – меньше чем при сжигании угля или торфа. Ряд специалистов из Германии считают, что такие нормативы выбросов твердых частиц при сжигании соломы равнозначны запрету простых котлов для периодического сжигания целых тюков, в которых выполнение установленных нормативов по выбросам твердых частиц невозможно.

В Украине до 2007 г. нормативы эмиссии СО и NO_x при сжигании топлив в котлах устанавливались стандартами на отопительные,

отопительно-водогрейные и водогрейные котлы, причем в действующих стандартах нормативы устанавливались в зависимости от вида топлива и мощности котлов с некоторыми отличиями для котлов с ручными и механическими топками. Что касается биотоплив, то только стандартом ГОСТ 30735-2001 [11] устанавливались требования к предельной эмиссии СО при сжигании древесины, которые приведены в табл. 8. При сжигании древесины и торфа допускалась эмиссия выше, нежели при сжигании угля.

С 2007 г. в Украине установлены предельнодопустимые нормативы выброса загрязняющих веществ от стационарных источников (табл. 9) [12]. Следует отметить, что установленные требования по эмиссии СО и NO_x применимы при часовом выбросе более

Табл. 8. Предельнодопустимая эмиссия загрязняющих веществ для водогрейных отопительных котлов по ГОСТ 30735-2001[11]

Вид топлива и тип топливосжигающего устройства	Номинальная тепловая мощность, МВт	Содержание СО в сухих неразбавленных продуктах сгорания, мг/нм ³		
		Класс I	Класс II	Класс III
Котлы для твердого топлива с ручной топкой				
Каменный уголь с выходом летучих веществ $V_{daf} > 10\%$	0,1 до 0,3	4500	9000	24000
	0,3 » 0,5	3600	7200	24000
	0,5 » 0,8	3000	6000	24000
Древесина, торф	0,1 до 0,3	5000	10000	24000
Котлы для твердого топлива с механической топкой				
Антрацит и каменный уголь	0,1 до 0,5	2000	3600	12000
	0,5 » 1,0	1200	2000	8000
	1,0 » 4,0	750	1500	6000
Древесина, торф	0,1 до 0,5	2500	4200	24000
	0,5 » 1,0	2200	3700	24000
	1,0 » 4,0	2000	3300	24000

Табл. 9. Предельно-допустимые выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в соответствии с нормативами, установленными в Украине с 2007 г. [12]

Класс опасности вещества	Название вещества	Величина часового выброса, г/час	Предельно-допустимый выброс, мг/нм ³
	Вещества в виде взвешенных твердых частиц недифференцированных по составу	более 500 г/час	50
		Менее или равно 500 г/час	150
Газообразные и парообразные неорганические соединения			
Класс III	Парообразные и газообразные соединения хлора, если они не вошли в класс I, в пересчете на хлористый водород	300 г/час или больше	30
Класс IV	Диоксид серы (диоксид и триоксид) в пересчете на диоксид серы	5000 г/час или больше	500
	Оксиды азота (оксид и диоксид) в пересчете на диоксид азота	5000 г/час или больше	500
	Оксид углерода	5000 г/час или больше	250

5000 г/час и поэтому они не ограничивают соответствующие эмиссии, ранее установленные действующими стандартами. Коренное отличие состоит в нормировании выброса твердых частиц, концентрация которых в дымовых газах ранее не нормировалась. Кроме того, если ранее вопрос нормирования эмиссии от котлов, которые сжигают виды топлив не указанных в стандартах, был открытым, то в настоящее время этот пробел фактически ликвидирован.

В отличие от требований, существующих в Австрии, Германии и Дании, в действующих в Украине стандартах частично существует, а в экологических нормативных документах только начинает применяться конкретизация требований к эмиссии загрязняющих веществ применительно к сжиганию твердых топлив различных типов – угля, древесины и соломы/трав в котлах. Примером применения такого подхода в Украине является введение технологических нормативов допустимых выбросов энергоустановками мощностью более 50 МВт [13] и технологических нормативов для энергоустановок, сжигающих лузгу подсолнечника мощностью до 50 МВт [14].

Введенные в Украине технологические нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ от энергоустановок номинальной мощностью более 50 МВт [13] применительно к новым установкам, сжигающим биомассу, соответствуют Директиве 2001/80/ЕС. Учитывая гармонизацию нормативов Украины с нормативами ЕС, можно ожидать на скорое введение более жестких нормативов, соответствующих требованиям Директивы 2010/75/EU.

В Украине в 2009 г. введены технологические нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от котельных сжигающих лузгу подсолнечника [14], требования которых применительно к новым и модернизированным установкам мощностью до 50 МВт приведены в табл. 10. Следует отметить, что технологические нормативы выброса СО и твердых частиц для новых энергоустановок со сжиганием лузги подсолнечника с учетом отличия референтной концентрации кислорода являются менее

строгими, нежели соответствующие нормативы для всех стационарных источников загрязнения.

В отличие от ряда ведущих стран ЕС в экологических нормативных документах Украины еще не получила надлежащего применения практика установления предельных выбросов загрязняющих веществ в зависимости от мощности котла, т.е. требования одинаково жесткие к котлам мощностью несколько десятков МВт и локальным отопительным котлам мощностью несколько десятков кВт. Однако в малых установках технически и экономически невозможно реализовать природоохранные мероприятия, которые являются обычной практикой для крупных установок.

В Украине при сжигании всех твердых топлив референтными условиями приняты нормальные условия атмосферы и концентрация кислорода в сухих продуктах сгорания 6 % об. (исключение 11 % O₂ при сжигании лузги подсолнечника). Такой подход несколько отличается от практики принятой в странах ЕС, где референтная концентрация кислорода в сухих продуктах сгорания назначается близкой к оптимальной для сжигания определенного вида топлива в котлах данного диапазона мощности. Это имеет отражение в приведенных выше требованиях, действующих в ведущих странах ЕС.

Табл. 10. Технологические нормативы выброса загрязняющих веществ для новых энергоустановок, сжигающих лузгу подсолнечника [14]

	Предельно допустимая эмиссия, мг/нм ³ при 11 % O ₂	
	Мощность энергоустановки по топливу, МВт	
	P < 5	5 ≤ P < 50
Пыль	100	50
SO ₂	250	250
NO _x (как NO ₂)	300	300
СО	250	250

В Украине в сельской местности и в коммунальном хозяйстве наибольшее распространение могут получить котлы для сжигания биомассы мощностью до 1 МВт. Из-за отличия референтной концентрации кислорода, установленные в Украине требования к предельно допустимым выбросам применительно к котлам малой мощности, например, твердых частиц 150 мг/нм^3 при 6 % O_2 , в соответствии с формулой пересчета, приведенной в Директиве 2010/75/EU, соответствуют выбросам твердых частиц 80 мг/нм^3 при 13 % O_2 . Таким образом, норматив, введенный в Украине, является более жестким, нежели допустимые при сжигании древесины эмиссии твердых частиц 150 мг/нм^3 при концентрациях кислорода 13 % O_2 , установленные в Австрии для котлов мощностью до 2 МВт, и в Германии для котлов мощностью до 1 МВт, или 300 мг/нм^3 при 10 % O_2 в Дании для котлов мощностью до 400 кВт.

Снижение эмиссии твердых частиц до 150 мг/нм^3 при 11...13 % O_2 достижимо при применении мультициклонов, тогда как для обеспечения 80 мг/нм^3 при 11...13 % O_2 необходимо применение электростатических фильтров, тканевых фильтров или оросительных систем с конденсацией водяного пара. Для выполнения принятых в Украине более строгих нормативов требуется переход к использованию более сложных и дорогих систем очистки дымовых газов, реализация которых применительно к котлам малой мощности технически неосуществима или может приводить к потере экономической целесообразности использования биомассы как топлива.

В Украине организовано производство котлов для сжигания целых тюков соломы как разработанных отечественными организациями, так по лицензии фирмы из Дании. Эти котлы по показателям эмиссии соответствуют требованиям, действующим в Дании, и экспортируются в страны ЕС. Однако эти котлы не соответствуют требованиям по эмиссии твердых частиц, введенным в Украине с 2007 г., что создает определенные препятствия для их применения в нашей стране.

Выводы

1. В странах ЕС эмиссия загрязняющих веществ при сжигании чистой биомассы в установках мощностью более 50 МВт регулируется наднациональными нормативными документами, которые страны обязаны имплементировать на своей территории.

2. В странах ЕС эмиссия загрязняющих веществ при сжигании чистой биомассы в установках мощностью до 50 МВт регулируется национальными нормативными документами, требования которых весьма отличны в разных странах для разных видов твердого топлива с учетом уровня мощности котлов.

3. Введенные в Украине предельно-допустимые нормативы выброса твердых частиц применительно к котлам малой мощности для сжигания чистой биомассы более жесткие, нежели требования, действующие в ведущих странах ЕС.

4. Ориентируясь на опыт ведущих стран ЕС, в Украине целесообразно реализовать поэтапное снижение предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ при сжигании различных видов чистой биомассы в котлах малой мощности, которые были бы технически выполнимы и экономически приемлемы на достигнутом уровне развития котельной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Curtis L.* Biomass burning: wood, leaves, grass, forests, crops and trash. // *Burning Issues Special Edition* Nov. 11, 2002. – <http://burningissues.org/car-www/science/lukebiomass.html>

2. *Aerosols from biomass combustion.* Nussbaumer Th. (Ed.) – Zurich, 2001. – 107 p. ISBN 3-908705-00-2. (Verenum, Langmauerstrasse 109, CH-8006 Zurich, verenum@access.ch).

3. *Environment technology – for improvement of the environment and growth.* Action plan to promote eco-efficient technology 2010-2011/ – The Danish Government, 2010. – 40 p. http://www.ecoinnovation.dk/NR/rdonlyres/BBD1582D-DF55-4799-94B2-FBE4BDBB8053/0/Miljoeteknologi_plan_2010_engelsk.pdf

4. *Directive 2001/80/EC* of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants. – OJ L 309, 27.11.2001 – P. 1–27.

5. *Directive 2010/75/EU* of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). OJ L 334/17, 17.12.2010. – P. 17–119.

6. *EN 303-5 Heating boilers Part 5: Heating boilers for solid fuels, hand and automatically stocked, nominal heat output of up to 300 kW – Technology, requirements, testing and marking.*

7. *Руководство по регулированию выбросов в атмосферу.* Miljøministeriet, Miljøstyrelsen // http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2002/87-7972-301-2/html/indhold_rus.htm

8. *Straw for energy production.* Technology-Environment-Economy / The Centre for Biomass Technology. L. Nikolaisen (Editor) // Danish Energy Agency, 1998. – 53 p. – www.ens.dk

9. *Voglauer B., Rathbauer J.* Austrian Biomass boiler Manufacturers. Survey. – Austrian Bioenergy Centre GmbH, 2005. – 80 p. (www.abc-energy.at)

10. *The handbook of biomass combustion and co-firing* / Edited by Jjaak van Loo and Jaap

Koppeijan. – Earthscan, London – Sterling, VA, USA, 2008. – 442 p. (ISBN: 978-1-84407-249-1)

11. *ГОСТ 30735–2001* Межгосударственный стандарт. Котлы отопительные водогрейные теплопроизводительностью от 0,1 до 4,0 МВт. Общие технические условия. – 16 с.

12. *Нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел /* Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, наказ 27.06.2006 № 309. // Міністерство юстиції України 1 серпня 2006р. № 912/12786.

13. *Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт/* Міністерстві охорони навколишнього природного середовища України. Наказ № 541 від 22 жовтня 2008 р. // Міністерство юстиції України 17 листопада 2008р. № 1110/15801.

14. *Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря із котелень, що працюють на лушпинні соняшнику /* Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, наказ 13.10.2009 №540. // Міністерство юстиції України 4 листопада 2009 р. № 1023/17039.

Получено 30.08.2011 г.