

Работа системы горячего водоснабжения квартир энергоэффективных домов является в целом удовлетворительной для использованного проектного решения, но приводит к перерасходу воды и вызывает недовольство жильцов долгим временем ожидания горячей воды.

Таким образом, рассматриваемые дома по реальному удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию не соответствуют категории энергоэффективных.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новосельцев, В.Г. К вопросу об определении действительных тепловых потерь существующих жилых зданий с теплоснабжением от квартирных газовых котлов / В.Г. Новосельцев, К.В. Климович // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2015. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геозкология.
2. Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения: ТКП 45-2.04-196-2010 – Минск, 2010.

Материал поступил в редакцию 13.03.2016

NOVOSELTSEV V.G., NOVOSELTSEVA D.V., CHERNIKOV I.A. The study of the systems of heating and hot water energy efficient residential houses of the Brest region

The article presents the research results of work of systems of heating and hot water energy efficient residential houses of the Brest region.

УДК 621.438

Черников И.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ В ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Введение. На протяжении всего XX века проводились исследования и разработки, оказавшиеся на стыке таких дисциплин как теплотехника, теория колебаний, химическая кинетика и акустика. Результатом такой деятельности явилось становление нового научного и технического направления, получившего название «пульсирующее горение (ПГ)». ПГ – периодический (колебательный) процесс химического взаимодействия компонентов топлива (горючего и окислителя), характеризующийся тем, что амплитуда изменения интенсивности горения соизмерима (имеет тот же порядок величины) со средним значением интенсивности, а период колебаний амплитуды не превосходит время пребывания компонентов топлива и продуктов сгорания в объеме устройства, где этот процесс осуществляется.

Теоретически возможность осуществления пульсирующего горения была обоснована Ч. Стретом (лордом Рэлеем) в конце XIX века в Англии. В начале XX века были созданы первые устройства ПГ на смеси паров бензина и воздуха.

Существенное влияние на развитие науки о ПГ оказали работы в многочисленных «закрытых» учреждениях («почтовых ящиках»), посвященные колебаниям в камерах реактивных двигателей. Новый всплеск интереса к ПГ начался в 80–90-е гг. XX в. вместе с развитием малой энергетики на новом технологическом уровне на фоне обострения внимания к экологическим проблемам.

Котлы, работающие на основе пульсирующего горения, имеют следующие достоинства:

- предельная простота конструкции, отсутствие дымохода;
- малые габариты и масса на единицу теплопроизводительности, что обусловлено высоким коэффициентом теплоотдачи от продуктов сгорания к стенкам теплообменного аппарата и высокими скоростями течения газовых сред;
- экономичное использование энергетических ресурсов (обеспечивается за счет отсутствия дымохода и постоянно действующего вентилятора (электроэнергию потребляют только КИПиА);
- малое гидравлическое сопротивление (экономию электроэнергии в насосном хозяйстве);
- высокий КПД (93–95%);
- малая поверхность теплообменного аппарата и малая собственная теплоемкости котлоагрегата (малые потери тепла временно остановленным и повторно запускаемым котлом);
- малый расход тепла на собственные нужды;
- работа в системе «старт-стопного» регулирования;
- возможность строить котельные установки на малых площадях за счет компактного их размещения (например, возможна установка двух котлов ПВ-400 друг на друга, для чего в конструкции предусмотрены специальные установочные элементы);

Обзор имеющихся схем пульсирующего горения

1. Котел пульсирующего горения. Один из вариантов котла, использующего пульсирующее горение, предлагается ниже [1]. Общий вид котла показан на рис. 1.

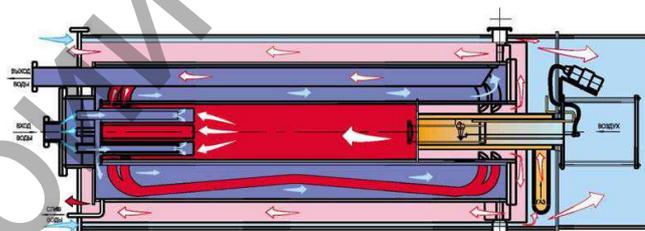


Рисунок 1 – Общий вид котла пульсирующего горения ПВ-400

Камера сгорания котла (1) совместно с дымогарными трубами (9) образуют объемный акустический резонатор. Для периодической подачи газа в камеру сгорания служат мембранные клапаны: воздушно-пульсирующий (5) и газопульсирующий (7), которые расположены в ресиверных камерах (6) и (3) соответственно. Дымовые газы из дымогарных труб поступают в выхлопной ресивер. Отсечной клапан (12) служит для включения и отключения подачи топливного газа. Для продувки камеры и дымогарных труб перед розжигом используется вентилятор (4). Для первичного воспламенения применяют электрозапальную свечу (8).

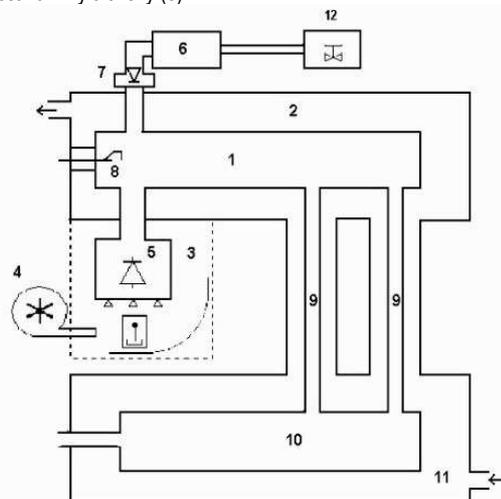


Рисунок 2 – Схема котла пульсирующего горения ПВ-400

Камера сгорания (1) и резонансные трубы (9) окружены водяной рубашкой (2) и (11), по которой движется противотоком к дымовым газам нагреваемая вода.

Розжиг котла происходит автоматически. При получении команды "нагревание" включается продувочный вентилятор (4) на 30 секунд. После этого происходит подача напряжения на свечу (8) и через 1 и 5 секунд на соленоиды газовых клапанов (12). Происходит первая вспышка газозвушной смеси, приводящая к кратковременному повышению давления в камере (1) и возникновению акустических волн в резонаторе (9). Пульсирующие клапаны (5) и (7) являются мембранными обратными клапанами. Они приходят в закрытое состояние, когда давление в камере (1) превышает давление в ресиверах (3) и (6). При этом дальнейшее поступление газа и воздуха в камеру сгорания приостанавливается. Дымовые газы под избыточным давлением выходят из камеры сгорания в выхлопной ресивер (10) и далее через дымоход выхлопа в окружающую среду. Через определенное время, около 25 мсек, давление в камере вновь снижается и пульсирующие клапаны открываются, впуская очередную порцию газа и воздуха, и цикл повторяется. Устанавливается периодический (колебательный) процесс, именуемый пульсирующим горением. Частота этого процесса составляет примерно 35–50 Гц.

После установления процесса пульсирующего горения вентилятор и электроподжиг отключаются. Всосывание воздуха происходит благодаря периодическим полуволнам разрежения, а повторное воспламенение свежих порций газозвушной смеси осуществляется остаточным пламенем, которое постоянно присутствует в зоне завихрения (на свечном конце камеры сгорания). Пульсирующее горение может происходить неограниченное время, пока не будет прекращена подача топливного газа.

При достижении нагреваемой водой заданной максимальной температуры подача топливного газа прекращается. Котел гаснет, вода начинает остывать. При остывании воды до заданной минимальной температуры подача топлива возобновляется, цикл розжига котла и горение снова повторяются. Таким образом, в «старт-стопном» режиме, поддерживается необходимая температура воды и обеспечивается необходимая среднечасовая теплопроизводительность котла.

Все необходимые режимы работы, в том числе розжиг котла, поддержание заданной температуры воды, индикация информации о состоянии котла, обеспечение безопасности и выдача сигнала "ТРЕВОГА" при возникновении нештатных ситуаций обеспечиваются электрооборудованием котла.

2. *Теплогенератор пульсирующего горения.* Для расширения технологических возможностей теплогенератора пульсирующего горения за счет большего диапазона регулирования температур рабочей смеси в результате смешения горячего и холодного воздуха непосредственно перед обрабатываемым продуктом или перед подачей его в систему воздушного отопления предлагается следующая схема камеры пульсирующего горения [2].

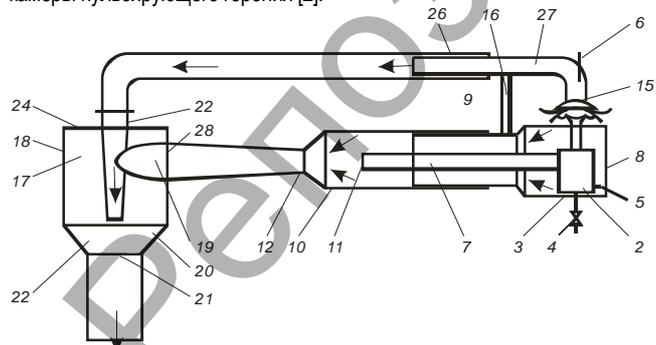


Рисунок 3 – Общий вид теплогенератора

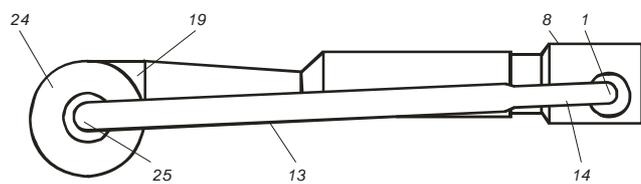


Рисунок 4 – Вид теплогенератора сверху

Теплогенератор пульсирующего горения (рис. 4, 5) содержит камеру пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном 1, включающую камеру сгорания 2 с системой подачи топлива через форсунку 3; запорный вентиль 4; систему воспламенения, состоящую из электрической свечи 5 и трубки 6 для подачи воздуха в момент первоначального воспламенения топлива; резонансную трубу 7, тангенциально присоединенную к камере сгорания 2, расположенные в общем кожухе 8, который с помощью телескопического соединения 9 связан с эжектором 10, что обеспечивает возможность осевого перемещения эжектора для изменения расстояния от среза резонансной трубы 11 до горловины эжектора 12; воздушную трубу, состоящую из входного участка 14, жестко скрепленного посредством перемычки 16 с кожухом 8, и выходного участка 13, при этом теплогенератор снабжен охлаждающе-смесительной камерой 17, которая соединена с выходным отверстием 28 эжектора 10 таким образом, что ее ось расположена перпендикулярно оси эжектора. Охлажденно-смесительная камера имеет цилиндрический участок 18 с патрубком 19 для подвода газов из эжектора 10 по окружности камеры; конический участок 20, оканчивающийся выходным соплом 21, патрубок 22 на наружной поверхности дна 24, внутри охлаждающе-смесительной камеры на поверхности дна 24 по ее оси крепится суживающееся воздушное сопло 23, через которое осуществляется поступление охлаждающего воздуха в охлаждающе-смесительную камеру. Выходной участок 13 воздушной трубы одним концом крепится к патрубку 22, а другим телескопически соединяется с входным участком 14 воздушной трубы, в котором установлена заслонка 27, и имеющего раструб 15, расположенный соосно с концом аэродинамического клапана 1 выступающего из кожуха 8.

Теплогенератор пульсирующего горения работает следующим образом. С помощью трубки 6 через аэродинамический клапан 1 подается воздух в камеру сгорания 2, включается электрическая свеча 5, затем открывается запорный вентиль 4 и жидкое топливо через форсунку 3 подается в камеру сгорания 2. После достижения устойчивого пульсирующего горения в камере сгорания 2 прекращается подача воздуха через трубку 6 и отключается электрическая свеча 5. Продукты сгорания выбрасываются периодически с частотой 50–70 Гц из резонансной трубы с большой скоростью и высокой температурой 900–1100°C. Проходя через горловину 12 эжектора 10, продукты сгорания создают разрежение в кожухе 8, за счет этого обеспечивается подсос холодного воздуха через входное отверстие кожуха 8, который, обтекая камеру сгорания 2 и резонансную трубу 7, смешивается в эжекторе 10 с продуктами сгорания и поступает в охлаждающе-смесительную камеру 17.

Во время пульсирующего горения в камере воспламенения 2 из аэродинамического клапана 1 периодически с частотой 50–70 Гц выбрасывается с высокой скоростью струя воздуха. Эта струя направляется во входной участок 14 воздушной трубы, что и обеспечивает подсос в нее через раструб 15 холодного окружающего воздуха. Входной участок 14 воздушной трубы изогнут таким образом, чтобы выходящий из нее воздух был направлен по оси кожуха и через выходной участок 13 воздушной трубы поступал в смешительно-охлажденно-смесительную камеру 17 через воздушное сопло 23. В камере 17 происходит смешение охлаждающего воздуха с газами из эжектора 10 и образуется смесь газов с температурой, требуемой для рабочей смеси $t_{рс}$, которая через выходное сопло 21 охлаждающе-смесительной камеры поступает потребителю.

Регулирование параметров рабочей смеси, таких как температура $t_{рс}$ и расход рабочей смеси $G_{рс}$, может осуществляться несколькими способами. Так как предлагаемое техническое решение теплогенератора с камерой пульсирующего горения предполагает его многоцелевое использование как для сушки материалов с различными физико-химическими свойствами, так и для отопления помещений, то первоначально экспериментальным путем настройка на рабочий диапазон параметров рабочей смеси осуществляется подбором диаметра горловины эжектора и расстояния / от среза резонансной трубы 11 до горловины 12 эжектора 10, обеспечивающих максимальные для заданного процесса значения параметров $t_{рс}$, $G_{рс}$ при максимальном расходе топлива G_t . Для этой цели используются

телескопические соединения 9 и 26. Возможность такого пути регулирования базируется на теории струйных аппаратов, которая показывает, что $l = f(u, \text{дрт})$, где $u = G_v/G_{\text{пс}}$ - коэффициент эжекции, дрт - диаметр выходного сечения резонансной трубы. Этот этап регулирования необходим, так как нет теории расчета эжекторов с пульсирующими потоками. Дальнейшее регулирование осуществляется тремя путями:

1. При постоянном расходе топлива G_t , изменяя расстояние l от максимального l_{max} , определяемого в процессе настройки, до $l = 0$, когда срез резонансной трубы совпадает с сечением горловины эжектора.
2. При фиксированном l путем изменения расхода топлива G_t , за счет изменения давления перед топливной форсункой 3.
3. При фиксированном расстоянии между срезом резонансной трубы 11, горловиной 12 эжектора 10 и постоянном расходе топлива G_t путем изменения положения заслонки 27 во входном участке 14 воздушной трубы.

В первом случае, при максимальном расстоянии l_{max} обеспечивается максимальное количество подсосываемого с помощью эжектора воздуха G_v , что соответствует максимальному коэффициенту эжекции и дает максимальный расход $G_{\text{пс}}$ и давление в камере. При $l = 0$ обеспечивается минимальный коэффициент эжекции и, соответственно, минимальный расход рабочей смеси $G_{\text{рс}}$.

Во втором случае, при постоянном расстоянии l , изменение расхода топлива G_t приводит к изменению расхода продуктов сгорания $G_{\text{пс}}$ и скорости продуктов сгорания $W_{\text{пс}}$, вытекающих из резонансной трубы, т. е. изменяется импульс продуктов сгорания $G_{\text{пс}}W_{\text{пс}}$. Это приводит к тому, что изменяется количество подсосываемого воздуха G_v и, как следствие, производительность по рабочей смеси $W_{\text{пс}}$ и давление в камере.

В третьем случае, при постоянном расстоянии l от выходного конца резонансной трубы до горловины эжектора и при постоянном расходе топлива G_t , изменение положения заслонки 27 во входном участке воздушной трубы приводит к изменению количества холодного воздуха, поступающего через воздушную трубу 13 в охладительно-смесительную камеру 17. При полностью открытой заслонке 27 в охладительно-смесительную камеру 17 поступает максимально возможное количество воздуха. При этом достигается максимальная производительность теплогенератора.

Температура рабочей смеси зависит от количества подсосываемого с помощью эжектора 10 воздуха G_v и расхода топлива G_t , поэтому требуемое значение температуры рабочей смеси $t_{\text{рс}}$ достигается сочетанием двух последних способов регулирования при постоянном расстоянии l от горловины эжектора 12 до среза резонансной трубы 11.

3. *Парогазогенератор.* На основании имеющихся разработок по аппаратам пульсирующего горения руководителем научно-исследовательской лаборатории «ПУЛЬСАР» БрГТУ Северяниным Виталием Степановичем предлагается схема парогазогенератора (ПГГ) мощностью 50–500 кВт [3].

Парогазогенератор «ПУЛЬСАР» предназначен для термообработки ЖБИ в пропарочной камере ямочного типа с использованием парогазовой смеси.

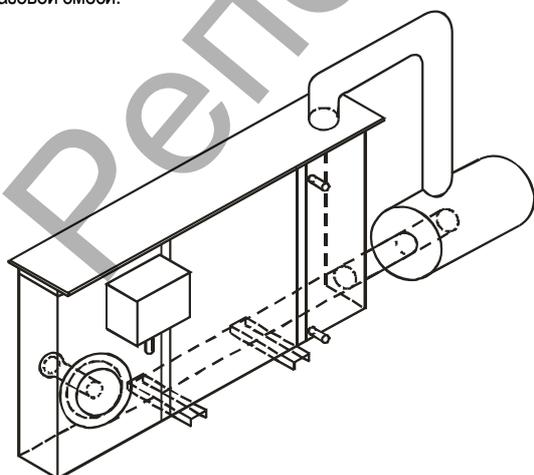


Рисунок 5 – Общий вид ПГГ

В состав ПГГ входит:

- 1 – камера сжигания КПГ;
- 2 – водяная ванна;
- 3 – подставка;
- 4 – подача воды;
- 5 – отвод пара;
- 6 – продукты сгорания;
- 7 – смеситель;
- 8 – расширительный бачок.

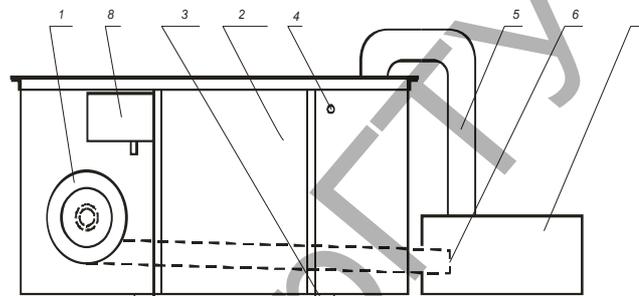


Рисунок 6 – Состав ПГГ

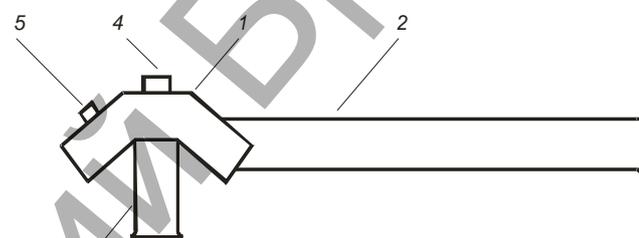


Рисунок 7 – Камера пульсирующего горения.

Для запуска камеры пульсирующего горения (КПГ) [4] осуществляется подача воздуха в аэродинамический клапан 3, через высоковольтный трансформатор подается напряжение на автомобильную свечу 5. Насосом включается подача жидкого топлива на форсунку 4. После зажигания топлива в камере воспламенения 1 возникает автоколебательный режим. Продукты сгорания удаляются через резонансную трубу 2. При устойчивой работе КПГ свеча и воздух отключаются. Тепловая мощность ПГГ изменяется за счет подачи топлива без конструктивных переделок (замены топливных форсунок, регулировкой расхода топлива). Для регулирования температуры парогазовой смеси может быть установлена водяная форсунка. Водяная ванна может быть связана с системой отопления.

Технические характеристики:

- расход топлива (соляр, мазут, печное топливо, газ) $5 \div 500$ кг/час
- тепловая мощность $50 \div 500$ кВт
- температура продуктов сгорания на выхлопе $400 \div 1200$ оС
- скорость газов на выхлопе $20 \div 50$ м/с
- недожоги отсутствуют

Заключение. Пульсирующее горение является одним из самых перспективных способов интенсификации процесса горения. К аппаратам, работающим в пульсирующем режиме, относятся камеры пульсирующего горения (КПГ), аэродинамика которых способствует интенсификации тепломассообмена, что ведет к значительному снижению расхода топлива и уменьшению вредных выбросов. Камеры пульсирующего горения отличаются простотой конструкции и эксплуатации, малыми габаритами и возможностью использования различных видов топлива.

Котлы пульсирующего горения используют принципиально новую технологию, позволяющую значительно повысить эффективность сжигания различных органических видов топлива и надежно обеспечивать решение задач отопления при низкой себестоимости.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Поляков, М.И. Пульсирующее горение // Новости теплоснабжения. – № 7 (71). – 2006. – С. 27–32.
2. Howord, B. Palmer Combustion technology / Howord, B. Palmer, V.S. Severyanin // Academic Press. – N. Y. – 1974. – P. 151.
3. Патент на полезную модель. Парогазогенератор. Пат. 5655 Респ. Беларусь, U BY, МПК (2006) F 22 B 1/00 / F 24 H 1/00 / В.С.

- Северьянин, Ю.П. Дьяконов, И.А. Черников, А.П. Петушков и [др.]; заявитель Брестский гос. ун-т. – № u 20090279; заявл. 03.04.09; опубл. 15.07.09 // Афицыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 3. – С. 236.
4. Патент СССР № 1261388А F23C 11/04. Северьянин В.С. и др.

Материал поступил в редакцию 22.04.2016

CHERNIKOV I.A. The heattechnical equipment with the pulsing burning

In the present article options of the heattechnical equipment of the pulsating burning using methods are considered. Versions of the boilers and cameras of the pulsating burning liquid and gaseous fuels in a torch are provided.

УДК 502.521:631.459.2

Босак В.Н., Басов С.В., Тур Э.А., Прилуцкая О.Е.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ КРУТОСКЛОНОВ ГОМЕЛЬСКОГО ДВОРЦОВО-ПАРКОВОГО АНСАМБЛЯ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОДНО-ЭРОЗИЙНЫМ ПРОЦЕССАМ

Введение. Гомельский дворцово-парковый ансамбль (кон. XVIII – нач. XIX вв.) является одной из уникальных историко-культурной ценности Республики Беларусь, относящихся к высшей – 0 категории ценности и внесен в Государственный список историко-культурных ценностей под № 310Г000044 [1, 2].

Известно, что в годы Великой Отечественной войны парк сильно пострадал. Одна четверть северной части парка была вырублена и превращена в кладбище. Дворец был разрушен, а большинство коллекций разграблено.

По окончании Великой Отечественной войны, согласно записке, составленной научным сотрудником Гомельского областного краеведческого музея М.Н. Огай, из 4500 деревьев в парке сохранилось всего 700. При восстановлении парка количество деревьев было доведено до 8000, что почти в 2 раза больше, чем было в бывшем княжеском парке, а количество видов достигло 86 вместо 40. В это время также были проведены работы по благоустройству и укреплению откосов набережной, проводилось прореживание с уборкой малоценных пород, благоустраивались газоны, дорожки, очищен пруд, установлены новые домики для лебедей, заасфальтирована значительная часть дорожек.

К сожалению, в результате односторонней направленности ведения садово-паркового хозяйства только в сторону увеличения количества растущих в нем деревьев, он к настоящему времени потерял свой прежний живописный романтический облик и превратился в монотонный лесной массив, в котором затерялись не только архитектурные сооружения, но и многочисленные экзоты, собранные и выращенные энтузиастами. Ставший монотонным, его уже по существу не парковый, а лесной ландшафт воспринимается современным поколением жителей как данность. Это привело ко многим проблемам, связанным с деградацией значительной территории земель парка, развитию водно-эрозийных процессов на крутосклонах. Очевидно, что решение этих проблем может быть только комплексным, а любые лесомелиоративные мероприятия невозможны без значительных рубок (пересадки практически невозможны) и удаления лишних деревьев и кустарников.

В настоящей работе представлены результаты исследования противозерозионной роли лесомелиоративных насаждений, режима хозяйственной деятельности, физического состава и химических свойств почв крутосклонов, а также ассортимента древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на деградированных землях государственного историко-культурного учреждения «Гомельский

дворцово-парковый ансамбль».

1. Изучение опыта противозерозионной роли лесомелиоративных насаждений на территории исторических парков. Как было отмечено, в годы Великой Отечественной войны территория Гомельского дворцово-паркового ансамбля сильно пострадала. В процессе послевоенного восстановления насаждений и последующих постоянных подсадов и засорения территории самосевом произошло их чрезмерное загущение. Кроме того, на территории парка, имевшего статус городского парка культуры и отдыха, велись различные хозяйственные мероприятия, заасфальтированы практически все парковые дороги и площадки, имевшие прежде щебеночно-песчаное покрытие, так как последнее не выдерживало возросших рекреационных нагрузок и эксплуатационных нагрузок от проезда автотранспорта.

В результате такого обустройства и одностороннего подхода к формированию зеленых насаждений (только посадки) парк потерял исторический облик, прежние художественные особенности и комфортность условий для отдыха. Богатая коллекция экзотов, собранная в парке, затерялась в зарослях малоценных пород. Индивидуальные особенности деревьев разных пород сnivelировались, кроны приобрели одинаковую вытянутую форму.

Сохранившиеся вековые деревья угнетены молодыми, когда-то высаженными под их кронами или выросшими из самосева. В свою очередь, старые деревья мешают росту молодых и не позволяют им сформировать полноценную крону. Поэтому со временем, после естественного отмирания старых деревьев, молодые не смогут взять на себя их роль в парковом ландшафте.

Проблемы послевоенного восстановления, аналогичные по основным задачам тем, что решались в Гомеле, коснулись и многих других дворцово-парковых комплексов.

В качестве наиболее известных примеров на территории постсоветского пространства следует указать дворцово-парковые комплексы в городах Ленинградской области Российской Федерации: Петергоф, Пушкин, Павловск, Гатчина, Ломоносов и др., а также Лазенки – крупнейший дворцово-парковый комплекс в Варшаве, столице Польши, занимающий 76 гектаров в центре города, восстановление и реконструкция которого была завершена в течение нескольких лет после окончания Второй мировой войны.

Цели и задачи послевоенного восстановления в этих дворцово-парковых комплексах практически совпадали с теми, с которыми

Босак Виктор Николаевич, к.б.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Басов Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Тур Элина Аркадьевна, к.т.н., доцент, заведующая кафедрой инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Прилуцкая Ольга Евгеньевна, заведующая учебной лабораторией кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.