

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра ядерной физики

ЯСЬКО

Виктор Николаевич

СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА РЕАКТОРНОЙ  
УСТАНОВКИ

Дипломная работа

Научный руководитель:  
ведущий инженер по  
эксплуатации и ремонту  
оборудования реакторного цеха  
РУП «Белорусская АЭС»  
\_\_\_\_\_ Лавренюк Д. А.

Консультант:  
к.т.н., доцент кафедры ядерной и  
радиационной безопасности  
МГЭИ им. А.Д. Сахарова, БГУ  
\_\_\_\_\_ Тушин Н.Н.

Рецензент:  
зав. кафедрой ядерной физики  
доцент, канд. физ.-мат. наук  
\_\_\_\_\_ Тимощенко А. И.

Допущена к защите

«15» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Зав. кафедрой ядерной физики

Доцент, канд. физ.-мат. наук

\_\_\_\_\_ Тимощенко А. И.

Минск, 2019

## Оглавление

Перечень условных обозначений.....	3
Реферат .....	4
Рэферат .....	5
Abstract.....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	7
ГЛАВА 1 СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА БЕЛОРУССКОЙ АЭС .....	9
1.1 Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки .....	10
1.1.1 О системе СПОТ ЗО .....	10
1.1.2 Требования к связанным со СПОТ ЗО системам и компоновке оборудования .....	13
1.1.3 Проект СПОТ ЗО .....	14
1.1.4 Анализ проекта СПОТ ЗО.....	18
1.2 Система пассивного отвода тепла через парогенераторы .....	20
1.2.1 О системе СПОТ ПГ .....	20
1.2.2 Требования к связанным со СПОТ ПГ системам и компоновке оборудования .....	22
1.2.3 Проект СПОТ ПГ .....	24
1.2.4 Нормативная документация в проекте СПОТ ПГ .....	31
1.2.5 Анализ проекта СПОТ ПГ .....	32
ГЛАВА 2. РАЗЛИЧИЕ В ТИПОВЫХ ПРОЕКТАХ СПОТ .....	36
2.1.1 СПОТ с воздушным охлаждением.....	36
2.1.2 СПОТ с водяным охлаждением.....	40
2.2 Сравнение СПОТ ПГ различных проектов .....	41
2.3 СПОТ ЗО в проектах.....	42
ГЛАВА 3 РАСЧЕТЫ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ СПОТ ПГ.....	46
3.1 Испытания СПОТ ПГ Ленинградской АЭС-2 .....	46
3.2.2 Результаты испытаний СПОТ ПГ для энергоблока №1 ЛАЭС-2 .....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	61

# СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ

## Реферат

Дипломная работа 64 страницы, 12 рисунков, 13 таблиц, 27 источников, 3 приложения.

СИСТЕМА ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ПАРОГЕНЕРАТОРЫ, СПОТ ПГ, СИСТЕМА ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ, СПОТ ЗО, АЭС, ЗАПРОЕКТНЫЕ АВАРИИ, ПОЛНОЕ ОБЕСТОЧИВАНИЕ АЭС, СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Цель дипломной работы - обосновать применение систем пассивного отвода тепла реакторной установки в проекте Белорусской АЭС, с учетом опыта ввода в эксплуатацию энергоблока №1 Ленинградской АЭС-2.

Объектом исследования являются система пассивного отвода тепла от защитной оболочки и система пассивного отвода тепла через парогенераторы 1-го и 2-го энергоблоков Белорусской АЭС.

В результате написания дипломной работы были изучены система пассивного отвода тепла от защитной оболочки и система пассивного отвода тепла через парогенераторы и компоненты данных систем, реализованных в проекте Белорусской АЭС, а также исследованы принципиальные различия в существующих проектах данных систем, применяемых на различных АЭС.

На основании результатов испытаний СПОТ ПГ 1-го энергоблока Ленинградской АЭС-2 (эквивалентный проект БелАЭС), была продемонстрирована тепловая эффективность системы. В результате испытаний не была превышена требуемая скорость расхолаживания, что в совокупности с необходимым временем расхолаживания свидетельствует о выполнении системой своих функций и подтверждает необходимость реализации данной системы в проекте БелАЭС.

# СІСТЭМА ПАСІЎНАГА АДВОДУ ЦЯПЛА РЭАКТАРНАЙ УСТАНОЎКІ

## Рэферат

Дыпломная праца 64 старонкі, 12 малюнкаў, 13 табліц, 27 крыніц, 3 дадатку.

СІСТЭМА ПАСІЎНАГА АДВОДУ ЦЯПЛА ПРАЗ ПАРАГЕНЕРАТАР, СПОТ ПГ, СІСТЭМА ПАСІЎНАГА АДВОДУ ЦЕПЛЫНІ АД АХОЎНАЙ АБАЛОНКАЙ, СПОТ ЗО, АЭС, ПАЗАПРАЕКТНАЙ АВАРЫІ, ПОЎНАГА АБ'ЯСТОЧВАННЯ АЭС, СІСТЭМЫ БЯСПЕКІ

Мэта дыпломнай працы - абгрунтаваць прымяненне сістэм пасіўнага адводу цяпла рэактарнай устаноўкі ў праекце Беларускай АЭС, з улікам вопыту ўводу ў эксплуатацыю энергаблока №1 Ленінградскай АЭС-2.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца сістэма пасіўнага адводу цяпла ад ахоўнай абалонкі і сістэма пасіўнага адводу цяпла праз парагенератары 1-га і 2-га энергаблокаў Беларускай АЭС.

У выніку напісання дыпломнай працы былі вывучаны сістэма пасіўнага адводу цяпла ад ахоўнай абалонкі і сістэма пасіўнага адводу цяпла праз парагенератары і кампаненты дадзеных сістэм, рэалізаваных у праекце Беларускай АЭС, а таксама даследаваны прынцыповыя адрозненні ў існуючых праектах дадзеных сістэм, якія выкарыстоўваюцца на розных АЭС.

На падставе вынікаў выпрабаванняў СПОТ ПГ 1-га энергаблока Ленінградскай АЭС-2 (эквівалентны праект БелАЭС), была прадэманстравана цеплавая эфектыўнасць сістэмы. У выніку выпрабаванняў не была перавышаная патрабаваная хуткасць расхалоджвання, што ў сукупнасці з неабходным часам расхалоджвання сведчыць аб выкананні сістэмай сваіх функцый і пацвярджае неабходнасць рэалізацыі дадзенай сістэмы ў праекце БелАЭС.

# SYSTEMS OF PASSIVE DISCHARGE OF HEAT REACTOR INSTALLATION

## Abstract

Graduate work 64 pages, 12 figures, 13 tables, 27 sources, 3 applications.

PASSIVE SAFETY SYSTEMS FOR CORE DECAY HEAT REMOVAL,  
PASSIVE SAFETY SYSTEMS FOR CONTAINMENT COOLING AND  
PRESSURE SUPPRESSION, NUCLEAR POWER PLANTS, BEYOND DESIGN  
BASIS ACCIDENTS, NUCLEAR POWER BLACKOUT, SECURITY SYSTEMS

The aim of the thesis is to justify the use of passive heat removal systems of a reactor installation in the project of the Belarusian NPP, taking into account the experience of commissioning power unit No. 1 of the Leningrad NPP-2.

The object of the research is the system of passive heat removal from the containment shell and the system of passive heat removal through steam generators of the 1st and 2nd power units of the Belarusian NPP.

As a result of writing the thesis, the system of passive heat removal from the containment shell and the system of passive heat removal through steam generators and components of these systems implemented in the Belarusian NPP project were studied, and fundamental differences in the existing projects of these systems used at different NPPs were investigated.

Based on the test results of the 1st power unit of the Leningrad NPP-2 (equivalent project of the Belarusian NPP), the thermal efficiency of the system was demonstrated. As a result of the tests, the required cooling rate was not exceeded, which, together with the necessary cooling time, indicates that the system fulfills its functions and confirms the need to implement this system in the Bel NPP project.