



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)

ул. 2-я Красноармейская, д. 4, Санкт-Петербург, 190005

№ _____

[_____]

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Харченко Евгении Вячеславовны «Использование математических моделей переноса и рассеяния радионуклидов в атмосфере для управления рисками на стадии проектирования атомных электростанций», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология.

Выбор автором темы диссертации обусловлен интенсивным развитием в нашей стране и за рубежом атомной энергетики, что требует, в первую очередь, качественного проектирования, в том числе и систем безопасности атомных электростанций (АЭС). Между тем, существующая нормативная база систем безопасности, регламентируемая так называемыми «документами по безопасности» МАГАТЭ в значительной степени устарела и не учитывают новейшие достижения в области физики атмосферного пограничного слоя (АПС). Важен, однако, тот факт, что положенная в основу базовой модели МАГАТЭ по расчету характеристик радионуклидного загрязнения атмосферы выбросами АЭС гауссовая модель Пэскуилла-Гиффорда не может быть просто так заменена на какую-либо новую, поскольку олицетворяет собой единый для всего мира методический подход. Все это и позволяет утверждать, что сформулированная диссертантом цель исследования в основе которой лежит корректировка, уточнение и адаптация базовой модели МАГАТЭ для расчета (в части влияния атмосферы) рисков эксплуатации АЭС на стадии проектирования безусловно актуальной.

При достижении поставленной цели автором последовательно реализуются и выносятся на защиту три основные задачи, излагаемые, соответственно, в главах 2,3 и 4, которым предшествует обзорная часть.

Вне всякого сомнения, автор испытывал значительные трудности при подготовке подобного обзора, поскольку тематика всей работы в целом находится на стыке ряда технических дисциплин, метеорологии и физики атмосферы. В этой связи хотелось бы отметить весьма скромное место, уделенное автором собственно физике АПС и моделям атмосферной турбулентности. Следовало бы каким-нибудь образом систематизировать эти схемы замыкания, с тем, чтобы обосновать тот метод построения модели АПС, который был выбран автором в Главе 2.

В этой главе автор диссертации решает задачу восстановления вертикальной структуры атмосферного пограничного слоя над территорией проектируемой промышленной площадки АЭС с использованием лишь данных стандартных гидрометеорологических измерений на метеостанции и данных реанализа скорости ветра и температуры на стандартных изобарических поверхностях. Выбор в качестве исходного именно этого набора данных определяется массовостью и доступностью подобной информации.

Для реализации этой задачи привлекается ранее разработанная численная модель суточных колебаний в АПС над горизонтально-однородной подстилающей поверхностью, где в качестве нижнего граничного условия задаются измеряемые на метеостанции в различное время суток значения скорости и направлении ветра, а также температуры, а в качестве верхних граничных условий – данные на высоте 850гПа изобарической поверхности (около 1.5 км). Уравнения АПС записаны в отклонениях от своих фоновых значений, причем если для компонент скорости ветра таковым служит геострофический ветер, то для температуры такого рода фон специальным образом конструируется исходя из ее среднесуточных значений помимо высоты 850гПа также и на поверхностях 925гПа (около 900 м) и 700гПа (около 3 км).

Очевидно, что с математической точки зрения подобная задача восстановления вертикальной структуры АПС только по данным на ее границах, строго говоря, не является вполне корректной, поскольку базируется на предположении, что неизвестные в этом случае начальные профили скорости ветра и температуры через несколько часов реального времени «забываются», а их вертикальные профили определяются только значениями на границах. В целом, по мнению рецензента, для решения подобной задачи возможно применение модели АПС с произвольным уровнем замыкания, главное только, чтобы взаимосвязь интенсивности турбулентности в этом случае рассчитывалась исходя из текущих локальных значений градиентов скорости ветра и температуры, что в выбранном варианте построения модели естественно автором реализовано.

Автор реализовал обширную программу тестирования и верификации используемой численной модели. Под тестированием в данном случае подразумевалось сопоставление результатов расчетов с известными аналитическими решениями для постоянных значений коэффициента турбулентности (модель Экмана и модель суточных колебаний), что позволило оценить, впрочем, лишь чувствительность решения к выбору параметров вычислительной сетки и, таким образом, минимизировать погрешности расчета за счет этого фактора. Верификация модели, равно как и метода восстановления структуры АПС, осуществлялась на основе сопоставления с данными градиентных измерений.

К сожалению, автор диссертации никаким образом не проанализировал ограничения в использовании предложенного метода восстановления структуры АПС. Главное из них – наличие интенсивной турбулентности, когда члены, описывающие турбулентную диффузию в уравнениях гидротермодинамики АПС, являются

доминирующими, а уравнения, стало быть, могут быть отнесены к параболическому типу. Это, однако, далеко не всегда так, поскольку в условиях ночной инверсии при слабом ветре эти члены оказываются исчезающе малыми, а тип уравнений при этом все более приближается к гиперболическому, для которых никакие эффекты «забывания» начальных условий не являются характерными. Обойти эту проблему можно было бы только путем интегрирования с фиктивными начальными условиями на продолжительное время (несколько суток), что, в принципе, вполне осуществимо. Автору следовало бы более детально остановиться на этой проблеме и представить результаты исследования чувствительности решения к выбору продолжительности такого интегрирования.

Проводя анализ результатов автора диссертации в части параметризации застройки в стандартной гауссовой модели МАГАТЭ применительно к расчету характеристик рассеяния радионуклидов в окрестности АЭС, следует остановиться на следующих основных замечаниях. Понятно, что начальное разбавление облака аварийного выброса, особенно, если его источник погружен в застройку, оказывается весьма существенным и, безусловно, в той или иной мере должно учитываться в расчетах. Для детального расчета структуры ветрового потока внутри и над застройкой привлекается хорошо апробированная для условий городской среды трехмерная гидродинамическая модель ГДМ+МК, с шагом разрешения по пространству от 1 до 5 метров, воспроизводящая локальные циркуляции в окрестности каждого производственного корпуса.

Следует отметить, однако, что только учет подобного разбавления во всех случаях приводит к снижению расчетных значений искомых факторов разбавления/осаждения (однонаправленное действие). Между тем, с точки зрения решения главной задачи – расчета максимальных значений этих факторов высоких уровней обеспеченности, следовало бы, в первую очередь, остановиться именно на анализе ситуаций, когда в результате влияния застройки эти факторы не уменьшаются, а увеличиваются. И такие эффекты используемая 3D гидродинамическая модель действительно воспроизводит: это рост концентрации радионуклидов в случае попадания источника их выброса в зону нисходящих движений (за зданием или за всей промышленной площадкой в целом). При этом, вообще говоря, используемый метод «виртуального источника» не очень то и подходит для описания подобного эффекта. То обстоятельство, что автор диссертации этот эффект отдельно не выделяет и никак не исследует очень сильно обедняет обсуждаемый раздел работы.

В последней, 4-й главе диссертации, ее автор описывает структуру и возможности разработанного по результатам диссертационного исследования программного комплекса. При этом особое внимание уделено исследованию влияния погрешностей в исходных данных, а также длины используемых рядов наблюдений на суммарную максимальную погрешность расчетных статистических характеристик факторов разбавления и осаждения. Для этого сведены воедино как полученные в предыдущих главах сведения о чувствительности решения к вариациям различных

параметров, а также полученные погрешности модели по результатам верификации. Помимо всего прочего, учитываются также и погрешности статистической обработки в зависимости от длины ряда наблюдений, полученные предварительно путем тестирования предлагаемого метода статистической обработки на эталонном ряду, специально сформированном с помощью датчика случайных чисел. Это очень важный раздел работы, который очерчивает совокупность всех свойств предложенного метода и реализующего его программного обеспечения.

К сожалению, автор исследует здесь только влияние погрешностей в исходных данных, ничего не говоря о погрешностях расчета собственно используемой базовой модели МАГАТЭ, которые, разумеется, в силу ее примитивности отнюдь не малы.

В дополнение к приведенным выше замечаниям приходится, к сожалению, отметить в тексте диссертации ряда редакционных погрешностей:

1. Стр. 24 последний абзац: перед «хотя» должна быть запятая, «по-существу» должно быть без дефиса.

2. Нет единого формата представления чисел. По тексту десятичные дроби отделяются то точкой (напр., стр. 65 2 абзац), то запятой (напр., стр. 65 3 абзац).

3. В перечне сокращений отсутствуют аббревиатуры со стр. 32: ОБД, БСД, БРР.

4. Фамилия Pasquill приводится в тексте в различной транскрипции: Пэскуилл (стр. 75), Паскуилл (стр. 59).

5. Стр. 70, последний абзац: написано "в турбулентной потоке" вместо "в турбулентном потоке".

Таким образом, подводя итоги рецензирования диссертации можно констатировать, что:

- выбранная тема диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.30 «Метеорология, климатология и агрометеорология»;
- актуальность темы автором обоснована и не вызывает сомнений;
- работа является законченным научным исследованием и все защищаемые автором положения диссертации являются новыми;
- работа выполнена на высоком научном уровне, ее содержание в значительной степени изложено в публикациях и докладах на международных конференциях высокого уровня.
- достоверность результатов обоснована путем многоступенчатого тестирования и верификации, а также корректной оценкой максимальных погрешностей за счет ошибок в исходных данных;
- работа завершилась аттестацией разработанных автором специализированного программного средства в НТЦ ЯРБ при Ростехнадзоре РФ.

Высказанные замечания несколько не снижают общее хорошее впечатление от работы и могут в значительной степени рассматриваться как пожелания на будущее. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Работа вполне отвечает требованиям Положения ВАК к диссертационным работам и имеет высокую практическую значимость. Автор диссертации, Харченко Е.В., безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология.

Официальный оппонент доктор физико-математических наук, профессор кафедры ПМиИ, СПбГАСУ,

Вагер Борис Георгиевич Вагер

10 марта 2016г

