

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 1

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

2017

Журнал «Научное обозрение.
Технические науки» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий, и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС 77-57440

Учредитель, издательство и редакция:
НИЦ «Академия Естествознания»,
почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Founder, publisher and edition:
SPC «Academy of Natural History»,
post address: 105037, Moscow, p.o. box 47

Подписано в печать 10.07.2017
Дата выхода номера 10.08.2017
Формат 60х90 1/8

Типография НИЦ
«Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5

Signed in print 10.07.2017
Release date 10.08.2017
Format 60х90 8.1

Typography
SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov,
5 Mamontovoi str.

Технический редактор Митронова Л.М.
Корректор Андреев А.М.

Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2017/1

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

From 2014 edition of the journal resumed by
Academy of Natural History

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (Editorial Board)

А.Н. Курзанов (A.N. Kurzanov)

Н.Ю. Стукова (N.Yu. Stukova)

М.Н. Бизенкова (M.N. Bizenkova)

Н.Е. Старчикова (N.E. Starchikova)

Т.В. Шнуровозова (T.V. Shnurovozova)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2017 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного и научно-практического
характера***

The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

ФОРМИРОВАНИЕ КАРТЫ МАРКЕРОВ ДЛЯ АЛГОРИТМА ВОДОРАЗДЕЛА НА ОСНОВЕ ПОИСКА КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК <i>Бурнашев Р.Э., Берестов А.П., Рябчиков М.Ю.</i>	5
МАЛОРАЗМЕРНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ «ГОРИЗОНТ» <i>Воронков Ю.С.</i>	10
КРАТКИЙ ОБЗОР ДОСТИЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЁННЫХ СКОРОСТЕЙ В КАНОНИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЯХ ЖИДКОСТИ <i>Высоцкий Л.И.</i>	36
ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ: АНАЛИЗ ДОКУМЕНТАЦИИ <i>Гарькина И.А., Гарькин И.Н.</i>	59
ОБЪЕКТИВНЫЕ И СУБЪЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И., Шубин И.И.</i>	65
АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ И МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Кухтевич И.И., Шубин И.И.</i>	68
НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГАРАНТИЙ РАБОТНИКАМ, ЗАНЯТЫМ ВО ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН <i>Еселханова Г.А., Танабаева А.Е.</i>	71
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ <i>Кутурга В.В.</i>	75
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ФЛЮОРОГРАФИЧЕСКИХ И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ <i>Кухтевич И.И., Горюнова В.В., Горюнова Т.И.</i>	78
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДОСТУПОМ <i>Омельченко А.Т.</i>	81
ПИЩЕВЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА ВИТАЦЕЛЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАФЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ <i>Прянишников В.В., Банищикова Т.А., Шестерова С.В.</i>	84
ОБЗОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ <i>Румянцев Е.П.</i>	88
К ВОПРОСУ ОБ ОБЪЕКТАХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАДАСТРА <i>Сенькова Л.А., Киселева А.О.</i>	93
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Шумак К.Д.</i>	99

CONTENTS

WATER SOURCES FORMATION FOR THE WATERSHED ALGORITHM BASED ON A SEARCH OF KEYPOINTS	
<i>Burnashev R.J., Berestov A.P., Ryabchikov M.Y.</i>	5
SMALL-SIZED AIRCRAFT FOR ECONOMIC USAGE «HORIZONT»	
<i>Voronkov Y.S.</i>	10
A BRIEF OVERVIEW OF PROGRESS IN SOLVING THE PROBLEM OF THE DISTRIBUTION OF MEAN VELOCITIES IN CANONICAL FLOWS	
<i>Vysotsky L.I.</i>	36
STAGES OF CONDUCTING TECHNICAL EXPERTISE: ANALYSIS OF DOCUMENTATION	
<i>Garkina I.A., Garkin I.N.</i>	59
THE OBJECTIVE AND SUBJECTIVE FACTORS OF HARDWARE FAULT-TOLERANT DURING RADIOGRAPHICAL RESEARCH	
<i>Goryunova V.V., Goryunova T.I., Kukhtevich I.I., Shubin I.I.</i>	65
THE ANALYSIS OF ERGONOMIC AND MEDICAL-TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CARRYING OUT REMOTE RADIOGRAPHICAL RESEARCH	
<i>Goryunova V.V., Goryunova T.I., Kukhtevich I.I., Shubin I.I.</i>	68
THE EFFECTIVENESS OF NORMATIVE-LEGAL REGULATION OF LABOR EMPLOYEES INTERESTED IN HARMFUL AND DANGEROUS WORKING CONDITIONS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN	
<i>Esselkhanova G.A., Tanabaeva A.E.</i>	71
INTELLIGENT VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM	
<i>Kuturga V.V.</i>	75
MODERN TECHNOLOGY OF FLUOROGRAPHICAL AND RADIOGRAPHICAL RESEARCH	
<i>Kukhtevich I.I., Goryunova V.V., Goryunova T.I.</i>	78
THE SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING ON ACCESS CONTROL	
<i>Omelchenko A.T.</i>	81
EDIBLE VEGETABLE FIBER VITACEL IN THE PRODUCTION OF WAFFLE PRODUCTS	
<i>Pryanishnikov V.V., Banshchikova, T.A., Shesterova S.V.</i>	84
REVIEW OF TOOLS FOR MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT	
<i>Rumyantsev E.P.</i>	88
TO THE QUESTION ABOUT THE OBJECTS OF ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL INVENTORY	
<i>Senkova L.A., Kiseleva A.O.</i>	93
MATHEMATICAL METHODS FORECASTING FAILURES OF MEDICAL EQUIPMENT	
<i>Shumak K.D.</i>	99

УДК 004.415.25

ФОРМИРОВАНИЕ КАРТЫ МАРКЕРОВ ДЛЯ АЛГОРИТМА ВОДОРАЗДЕЛА НА ОСНОВЕ ПОИСКА КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК

Бурнашев Р.Э., Берестов А.П., Рябчиков М.Ю.

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: mr_mgn@mail.ru*

В работе рассматривается способ обработки изображения с целью выделения контуров хаотично расположенных материалов на основе геометрического подхода. Сложность решения данной задачи связана со слабой различимостью границ между кусками материалов, а также с частичным перекрытием отдельных кусков вышерасположенными материалами. Альтернативные подходы, как правило, основанные на поиске статистических связей между оценками геометрии и моментами частей изображения сложно использовать в задачах управления, вследствие неадекватности таких зависимостей при изменении свойств материалов. Предлагаемый способ основан на применении алгоритма водораздела с картой маркеров, формируемой путем поиска и кластеризации ключевых точек на изображении. Практическое применение способа рассматривается на примере определения лещадности щебня. Полученные результаты позволяют частично автоматизировать процесс формирования карты маркеров для последующего использования в алгоритме водораздела.

Ключевые слова: лещадность, алгоритм водораздела, дескриптор, сегментация, автоматизированная обработка изображения

WATER SOURCES FORMATION FOR THE WATERSHED ALGORITHM BASED ON A SEARCH OF KEYPOINTS

Burnashev R.J., Berestov A.P., Ryabchikov M.Y.

*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk,
e-mail: mr_mgn@mail.ru*

We consider a way of image processing based on geometric approach in order to detect contours of chaotically located materials. Problem of this task is low discernibility of borders between materials parts. Another issue is particular overlapping of different parts by upper materials. Alternative approaches which are usually based on a search of statistical links between estimation of the image parts geometry and moment are hard to use in operation tasks. It happens due to inadequacy of such relation after changing properties of materials. The suggested way is based on using watershed algorithm with a water sources formation. This formation occurs with the use of search and clustering the keypoints on the image. Example of using this method – identification of macadam flakiness. Method helps to make formation of the water sources particularly automated for the further use in watershed algorithm.

Keywords: flakiness of macadam, watershed algorithm, descriptor, segmentation, automated image processing

Оперативная обработка изображений с целью определения геометрических характеристик формы хаотично расположенных материалов является актуальной проблемой. Область применения таких систем чрезвычайно широка [1–12]. Сложность решения данной задачи связана с произвольным расположением материалов в несколько слоев, их частичным перекрытием, например, при движении материалов в потоке на конвейерной ленте.

Существуют два принципиально разных подхода к решению данной проблемы. Первый подход – геометрический. Он предполагает поиск контуров кусков материалов, по которым далее решается задача оценки параметров формы. Альтернативный подход – статистический. Он основан на поиске набора определяющих параметров, расчет которых осуществляется на базе совокупности моментов частей исходного изображения. Оба подхода имеют свои достоин-

ства и недостатки, подробно рассмотренные в работах многих авторов. Основной проблемой геометрического подхода является перекрытие отдельных кусков материалов другими, а также наличие слабо выраженных границ между областями разных кусков на изображении. Данная работа направлена на совершенствование геометрического подхода путем разработки более совершенных алгоритмов сегментации изображения, основанных на алгоритме водораздела.

Сегментация изображения на основе алгоритма водораздела

В работе [6] был предложен алгоритм обработки изображения для оценки лещадности щебня, представленный на рисунке 1. Лещадность – процент содержания зерен, у которых соотношение наибольшего линейного размера к наименьшему более чем 3:1 [13].

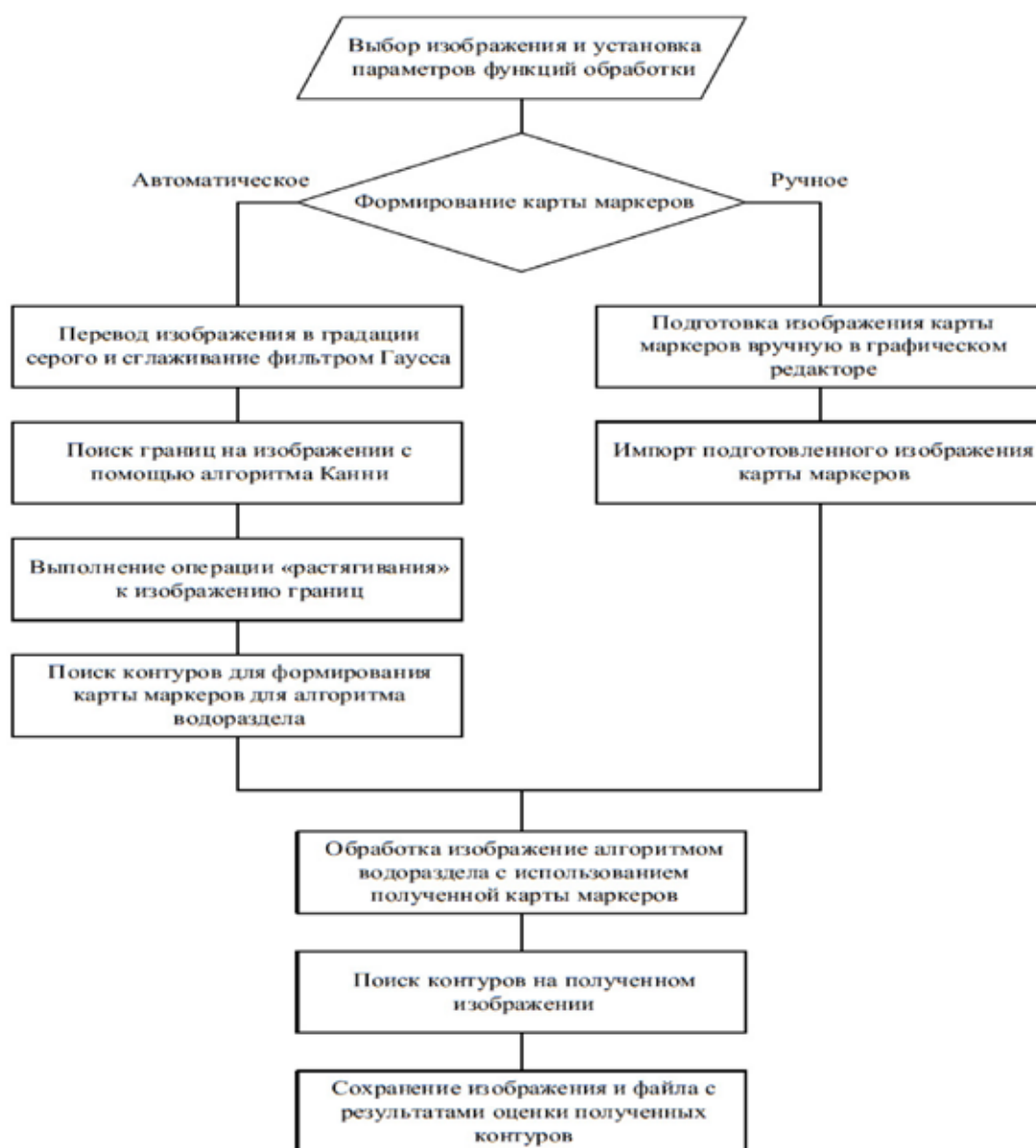


Рис. 1. Алгоритм автоматической обработки изображения

Одной из его проблем является сложность формирования карты маркеров на исходном изображении. При использовании ручной расстановки маркеров алгоритм выдает приемлемые результаты, что видно на рис. 2, б. Однако при использовании автоматической расстановки маркеров с помощью детектора границ Канни и операции «растягивания» эффективность работы алгоритма снижается, рис. 2, в.

Возможным способом совершенствования алгоритма может послужить формирование карты маркеров на основе поиска объекта по дескрипторам ключевых точек. Для получения таких дескрипторов требуется предварительная обработка изображений, на которых присутствует выходной продукт. Затем на изображении с камеры также происходит поиск дескрипторов, их кластеризация и построение карты маркеров.

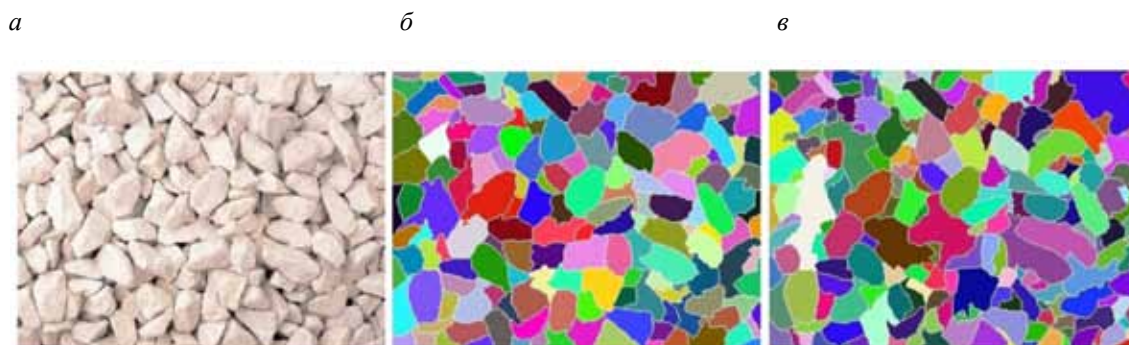


Рис. 2. Обработка исходного изображения по алгоритму:
а – исходное изображение; б – результат выполнения алгоритма с формированием карты маркеров вручную; в – результат выполнения алгоритма с автоматическим формированием карты маркеров

Разработка способа формирования ключевых точек

Способ основывается на вычислении ключевых точек на исходных обучающих изображениях и выделении фрагментов этих изображений с целью получения перцептивного хеша. Далее ключевые точки ищутся на новых изображениях, выполняется их кластеризация, и ищутся соответствия хеша с эталонами. При достаточной степени совпадения считаем, что кластер описывает отдельный кусок материала. Далее выполняем поиск центров кластеров и формируем карту маркеров.

Такой метод поиска объекта имеет следующие недостатки: низкая скорость проверки на совпадение на большом наборе хешей (поиск по 1 млн хешей занимает больше 30 с); низкая скорость получения ключевых точек.

Для устранения этих недостатков использовали алгоритм HEngine для поиска хешей по базе с расстояния Хэмминга меньше 10. Это позволяет примерно в 60 раз ускорить поиск нужных данных, но также требует перевода хешей в бинарный вид.

Так как предполагается работа с бинарными хешами, а совпадение считаем расстоянием Хэмминга, то SURF дескрипторы не подходят. В OpenCV есть два типа дескрипторов: с плавающей точкой (SURF) и бинарные (ORB). Использовали второй вариант (ORB), который представляет улучшенную версию и комбинацию детектора ключевых точек FAST и бинарных дескрипторов BRIEF. Также он работает

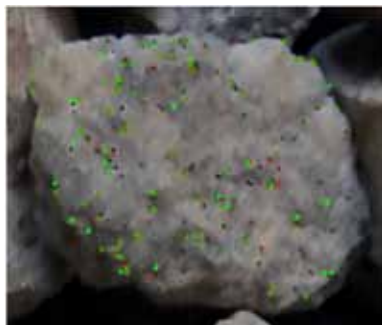
быстрее SURF метода. Однако ORB имеет недостаток, связанный с тем, что дескриптор использует для хранения одной точки тридцать два байта памяти, а в задаче подразумевается, что одна точка имеет восемь байт информации. Требуется сжатие тридцати двух байт в восемь, при незначительных потерях в качестве.

Для решения проблемы использовали алгоритм rHash. 32 байта представим в виде матрицы 16×16 бит, а потом пропустим ее через перцептивный хеш rHash, получая в результате число размеров восемь байт.

Шаги работы алгоритма: 1) Получаем ключевые точки и дескрипторы ORB, выбираем количество требуемых точек на изображении; 2) Полученные дескрипторы по 32 байта представляем в виде битовой матрицы 16×16 . 3) Конвертируем матрицу в 64-битное число с помощью rHash; 4) Сохраняем 64-битные отпечатки в файл в JSON формате или используем базу данных; 5) Выбираем требуемое расстояние Хэмминга и запускаем HEngine, который будет выполнять поиск; 6) Выполняем 1–3 шага для изображения с камеры; 7) Запускаем HEngine, который возвращает все хеши в заданном пределе; 8) Выполняем кластеризацию и формируем карту маркеров на изображении.

Пример результата выделения ключевых точек и поиска объекта можно видеть на рис. 3. Серые маркеры показывают найденные ключевые точки, зеленые – совпадающие точки, красные – совпадающие стандартным методом ORB полным перебором.

а



б



*Рис. 3. Пример поиска объекта по дескрипторам:
а – исходное изображение;
б – поиск признаков на общем изображении с выделением кластеров
и формированием карты маркеров*

Заключение

Таким образом, использование дескрипторов ключевых точек может повысить точность автоматического формирования карты маркеров, но для его реализации требуются изображения искомого продукта. Также данный метод использует большое количество операций, что негативно сказывается на быстродействии алгоритма.

Список литературы

1. Мацко И.И. Развитие системы мониторинга технологических процессов производства стальной заготовки / О.С. Логунова, И.В. Посохов, В.В. Павлов // Автоматизированные технологии и производства. – 2013. – №5. – С. 91–98.
2. Пишнограева Ю.В., Суспицын Е.С. Разработка программного обеспечения автоматизированного анализа архивных данных системы детектирования продольных трещин // Автоматизированные технологии и производства. – 2014. – №6. – С. 51–57.
3. Лукьянов С.И. Результаты промышленной апробации системы автоматической диагностики продольной трещины слитка в кристаллизаторе / С.И. Лукьянов, А.А. Апет // Автоматизированные технологии и производства. – 2014. – №6. – С. 75–80.
4. Посохов, И.А. Методика классификации изображений серного отпечатка на основе характеристики гистограммы яркости / И.А. Посохов, О.С. Логунова // Автоматизированные технологии и производства. – 2014. – №6. – С. 92–104.
5. Бурнашев, Р.Э. Управление работой центробежной дробилки СС-0.36 с учетом значения коэффициента крепости исходного материала по методу Протодяконова / Р.Э. Бурнашев, М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова // Автоматизированные технологии и производства. – 2014. – №6. – С. 203–208.
6. Рябчиков, М.Ю. Алгоритмическое обеспечение системы контроля и управления лещадностью продуктов дробления.

бления / М.Ю. Рябчиков, Р.Э. Бурнашев // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – №1(7). – С. 4–8.

7. Рябчиков, М.Ю. Исследование влияния угла освещения на качество определения контуров зерен щебня, расположенных в несколько слоев / М.Ю. Рябчиков, Р.Э. Бурнашев, Е.С. Рябчикова, Н.В. Богданов, А.И. Сунаргулова // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 3 (9). – С. 18–20.

8. Самарина И.Г. Обзор приборов магнитной структуроскопии стали в прокатном производстве / И.Г. Самарина, В.Э. Каюмова // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 3 (9). – С. 46–49.

9. Самарина И.Г. Обзор систем регулирования и измерения толщины цинкового покрытия / И.Г. Самарина, В.Э. Каюмова // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 2 (12). – С. 28–33.

10. Заливин А.Н. Обнаружение движущихся объектов методом вычитания фона с использованием смеси гауссовых

распределений / А.Н. Заливин, Н.С. Балабанова // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 3 (13). – С. 29–32.

11. Филатова А.Е. Морфологическая фильтрация полутоновых изображений на основе локальных статистик / А.Е. Филатова // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 3 (13). – С. 33–39.

12. Сырейщикова Н.В., Пшеничникова Д.А. Входной контроль металлоизделий, сырья, комплектующих с использованием статистических методов менеджмента качества // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 4 (14). – С. 61–69.

13. Рябчиков М.Ю. Проблемы совершенствования автоматизированных систем управления дробильно-сортировочными комплексами / М.Ю. Рябчиков, Р.Э. Бурнашев, Е.С. Рябчикова, А.П. Берестов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017. – № 1. – С. 3–12..

УДК 629.7

МАЛОРАЗМЕРНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НАРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ «ГОРИЗОНТ»

Воронков Ю.С.*Координационный совет ОНТТЭ «Ювенал», Таганрог, e-mail: yuven@mail.ru*

ОНТТЭ «Ювенал» совместно с кафедрой летательных аппаратов Таганрогского государственного радиотехнического университета (ТРТУ) приняли совместное решение о поэтапном выполнении проекта «Разработка системы беспилотных малоразмерных высокотехнологичных летательных аппаратов с дистанционным управлением широкого назначения (для использования в регионах северного Кавказа и Поволжья) в рамках Программы «Разработка и реализация Федерально-Региональной политики в области науки и образования» в соответствии с разделом «Содействие развитию научно-технического потенциала регионов страны и уникальных объектов системы образования» путем участия в ежегодно проводимых Министерством образования РФ конкурсах.

Ключевые слова: малоразмерные летательные аппараты (МЛА) народно-хозяйственного применения, целевая нагрузка, аэродинамические характеристики

SMALL-SIZED AIRCRAFT FOR ECONOMIC USAGE «HORIZONT»

Voronkov Y.S.*The Coordinating Council ONTTE «Juvenal», Taganrog, e-mail: yuven@mail.ru*

ONTTE «Juvenal» together with the Department of aircraft Taganrog State University (TSURE) made a joint decision to phase implementation of the project «Development of small-sized high-tech unmanned aerial vehicles with remote control general-purpose (for use in the North Caucasus and the Volga region) in the framework of the «Development and implementation of the Federal Regional policy in the field of science and education», in accordance with the section «Promoting scientific and technological potential of the country's regions and the unique educational facilities» through participation in the annual Ministry of Education of the Russian Federation Competitions.

Keywords: small-size aircraft (SSA) for economic usage, target load, aerodynamic characteristics

Как известно, авиация – это всегда самые современные технологии и конструкционные материалы, в ней сочетаются красота и прочность конструкции при минимальном весе, но летательный аппарат – одно из самых сложных, дорогих, наукоемких творений рук человеческих.

Авиамоделизм – первая ступень овладения авиационной техникой, и он популярен во всем мире. О пользе занятий авиамоделизмом хорошо сказал Генеральный конструктор авиационной техники, Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственной премий О.К. Антонов: «Модель самолета, даже самая маленькая – это самолет в миниатюре со всеми его свойствами, с его аэродинамикой, прочностью, конструкцией. Чтобы построить хорошую модель, нужно «кое-что» знать. Постройка модели сталкивает моделиста не с разносторонними науками, а с их взаимодействием. Тот, кто строил модели и не потерял к ним интерес, никогда не станет бюрократом в науке. Вот почему в нашем коллективе особенно ценят тех, кто занимался авиамоделизмом, кто с юности почувствовал технику с разных сторон, хотя бы и на первой ступени сложности. А за первой идут новые ступени, все выше, все дальше, для каждого, кто хочет шагнуть вперед».

Примером высших ступеней в авиамоделизме являются радиоуправляемые мо-

дели-копии самолетов. Так, трудоемкость постройки модели-копии самолета Ан-26 составляет 25 000 человеко-часов, а изготовление ее деталей и агрегатов обеспечено работой авиамоделистов по более чем 60 специальностям. Оценка же стоимости одного килограмма высокотехнологичной авиационной техники, которая составляет 1000 – 3000\$, справедлива как для радиоуправляемой модели-копии самолета или радиоуправляемой пилотажной модели, так и для боевого самолета-истребителя поколения 4+.

К сожалению, в нашей стране, все чаще, возникают малозатратные кружки начального технического моделирования примитивного уровня. Деятельность подобных кружков не удовлетворяет современным требованиям к уровню научно-технического развития ребят, преемственности их практической подготовки, далека от современной техники, науки и в целом дискредитирует техническое творчество в глазах взрослых ребят, школьников и молодежи.

Представленная упрощенная методика проектирования дистанционно – пилотируемого летательного аппарата, имеющего большое сходство с радиоуправляемой моделью самолета, имеет целью обратить внимание старших школьников-авиамоделистов, и учащихся колледжей, на назревшую необходимость постепенного ухода от «по-

толично-пенопластового» моделизма, к авиамоделизму и технологиям, которые могли прогнозировать незабываемые победы Авиамодельного спорта СССР на Чемпионатах мира, с использованием моделей, спроектированных нашими Чемпионами на строго научной основе.

Летательный аппарат «Горизонт»

Проектирование технических объектов (самолетов, ракет, автомобилей и т.д.), определяется Техническим Задаанием (Т.З.), разрабатываемым «Заказчиком».

Проектируемый Летательный Аппарат (ЛА) предназначен для исследований приземных слоев атмосферы в интересах Гидрометеослужб (ГМС), которые могут быть наравне с сельскохозяйственными предприятиями – «Заказчиком» этого объекта.

Предположим, что «Заказчик» данного ЛА в соответствии с Т.З. определил следующие исходные данные:

- 1) крейсерская скорость $V_k = 50$ км/ч
- 2) высота полета $H = 1000$ м
- 3) масса целевой нагрузки $m_{ц.н.} = 2,0$ кг.
- 4) полетная масса аппарата $m_o = 6,5$ кг.
- 5) продолжительность полета $T_{пол} \geq 0,5$ ч.

1. Определение массовых параметров ЛА «Горизонт»

Первое приближение. Масса аппарата в первом приближении рассчитывается по формуле [1]:

$$m_o = m_k + m_{с.у.} + m_t + m_{об.упр.} + m_{ц.н.} \quad (1)$$

где m_o – взлетная масса; m_k – масса конструкции; $m_{с.у.}$ – масса силовой установки; m_t – масса топлива; $m_{об.упр.}$ – масса оборудования и управления; $m_{ц.н.}$ – масса целевой нагрузки.

Разделим (1) на m_o :

$$1 = \bar{m}_k + \bar{m}_{с.у.} + \bar{m}_t + \bar{m}_{об.упр.} + m_{ц.н.} / m_o;$$

$$(m_o)_I = \frac{m_{ц.н.}}{1 - \bar{m}_k - \bar{m}_{с.у.} - \bar{m}_t - \bar{m}_{об.упр.}}; \quad (2)$$

по статистике и опыту проектирования принимаем:

$$\begin{aligned} m_k &= 0,46; \\ m_{с.у.} &= 0,09; \\ m_t &= 0,07; \\ m_{об.упр.} &= 0,075. \end{aligned}$$

$$(m_o)_I = \frac{2,0}{1 - 0,46 - 0,09 - 0,07 - 0,075} = 6,5 \text{ кг};$$

$$(m_o)_I = 6,5 \text{ кг};$$

масса распределится следующим образом:

$$m_k = 3,0 \text{ кг};$$

$$m_{с.у.} = 0,585 \text{ кг};$$

$$m_t = 0,455 \text{ кг};$$

$$m_{об.упр.} = 0,5 \text{ кг}.$$

$$\begin{aligned} \sum m_o &= m_k + m_{с.у.} + m_t + m_{об.упр.} + m_{ц.н.} = \\ &= 3,0 + 0,585 + 0,455 + 0,5 + 2,0 = \\ &= 6,54 \approx 6,5 \text{ кг}; \end{aligned}$$

$$m_o = 6,5 \text{ кг} = 6500 \text{ г}.$$

2. Определение основных геометрических параметров

2.1. Параметры крыла

Площадь крыла $S_{кр}$ [2]:

$$\begin{aligned} S_{кр} &= 0,0088 m_o + 15,4 = 0,0088 \cdot 6500 + \\ &+ 15,4 = 72,6 \text{ дм}^2; \end{aligned}$$

Принимаем: $S_{кр} = 70 \text{ дм}^2$.

Средняя аэродинамическая хорда САХ –

$$B_{сах} = 280 \text{ мм} = 2,8 \text{ дм};$$

задаемся:

$$B_{сах} = B_a = 2,8 \text{ дм};$$

тогда размах крыла

$$L = S_{кр} / B_a = 70 / 2,8 = 25 \text{ дм} = 2500 \text{ мм};$$

$$L = 2500 \text{ мм};$$

Удлинение крыла

$$\lambda = L / B_a = 2500 / 280 = 8,9;$$

Принимаем $\lambda = 8$.

Удельная нагрузка на крыло:

$$P = \frac{(m_o)_I}{S_{кр}} = \frac{6500}{70} = 92,9 \approx 93 \text{ г/дм}^2.$$

2.2. Параметры горизонтального оперения

Плечо горизонтального оперения по статистике от размаха крыла $L_{го}$ [1]:

$$\begin{aligned} L_{го} &= 0,344 L = 0,344 \cdot 2500 = 860 \text{ мм} = \\ &= 8,6 \text{ дм}. \end{aligned}$$

Площадь горизонтального оперения по статистике от размаха крыла $S_{го}$:

$$S_{го} = 0,24 S_{кр} = 0,24 \cdot 70 = 16,8 \text{ дм}^2;$$

Принимаем

$$S_{го} = 17,0 \text{ дм}^2.$$

Размах $l_{го} = 920 \text{ мм};$

Поскольку горизонтальное оперение имеет трапецевидную форму, то хорды:

$$B_{\max \text{ го}} = 200 \text{ мм};$$

$$B_{\text{САХго}} = B_{\text{max го}} + B_{\text{min го}}/2 = 185 \text{ мм.}$$

$$B_{\text{min го}} = 170 \text{ мм.}$$

Удлинение горизонтального оперения

$$\lambda_{\text{го}} = 920/185 = 4,97 \approx 5;$$

Принимаем $\lambda_{\text{го}} = 5$.

2.3. Коэффициент продольной устойчивости модели

Коэффициент продольной устойчивости ЛА весьма важная величина и зависит от площадей крыла и горизонтального оперения, а также от их взаимного положения.

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{го}} = \frac{S_{\text{го}} \cdot L_{\text{го}}}{b_a S_{\text{кр}}} = \frac{17 \cdot 8,6}{2,8 \cdot 70} = 0,75;$$

где $b_a = B_a$

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{го}} = 0,75.$$

2.4. Число Рейнольдса

Число Рейнольдса в аэродинамике летящих моделей и самолетов дозвуковых скоростей играет очень большую роль. Оно характеризует отношение сил инерции воздуха к силам вязкости. Определим числа Рейнольдса при:

$$50 \text{ км/ч} \approx 13,6 \text{ м/с: } Re = 69VB_a = 69 \cdot 13,6 \cdot 280 = 262752;$$

$$72 \text{ км/ч} \approx 20 \text{ м/с: } Re = 69VB_a = 69 \cdot 20 \cdot 280 = 386400;$$

$$125 \text{ км/ч} \approx 35 \text{ м/с: } Re = 69VB_a = 69 \cdot 35 \cdot 280 = 676200;$$

Диапазон чисел Re (262752 – 676200) показывает, что аппарат в критическую зону чисел Re (10 000 – 200 000) не попадает. Режим обтекания закритический.

3. Потребная мощность силовой установки

Потребная мощность силовой установки N_n определяется по формуле [2]:

$$N_n = k \cdot m_o [\text{л.с.}],$$

где $k = 0,0001$ для неманевренных ЛА (соответствует нашему аппарату); m_o – полетная масса в I приближении;

$$N_n = 0,0001 \cdot 6500 = 0,65 \text{ л.с.};$$

$$N_{\text{дв}} \geq N_n.$$

С целью обеспечения резерва мощности для более крутого взлета и при выполнении широкого спектра работ принимаем:

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \text{ л.с.};$$

Кроме двигателей импортного производства, возможно применение двигателя отечественного производства «Радуга-10кр», его и применяем.

4. Масса во втором приближении

Для определения массы аппарата во втором приближении, воспользуемся специальными номограммами (рис. 1, 2, 3, 4), из [2].

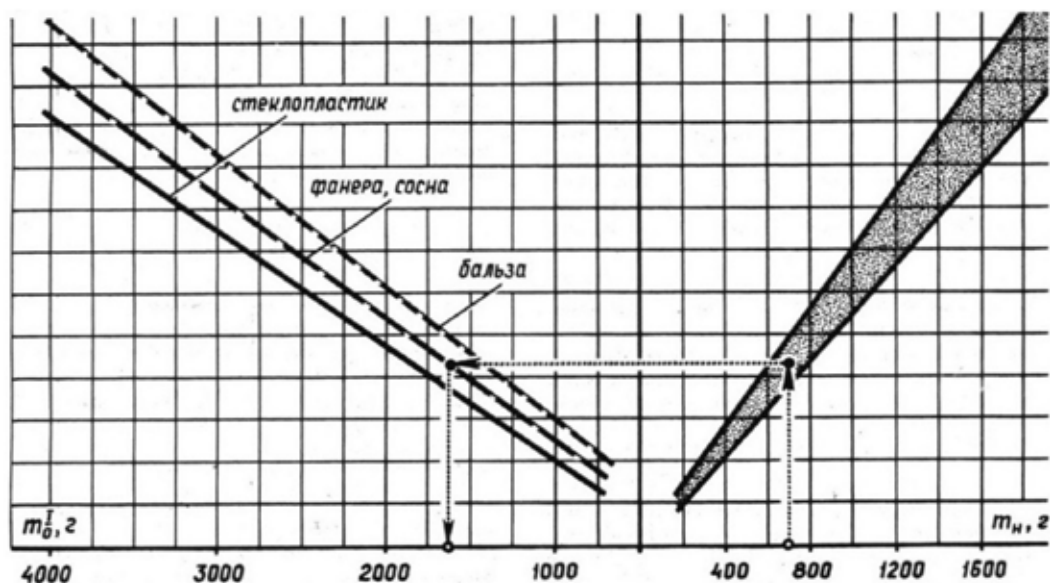


Рис. 1

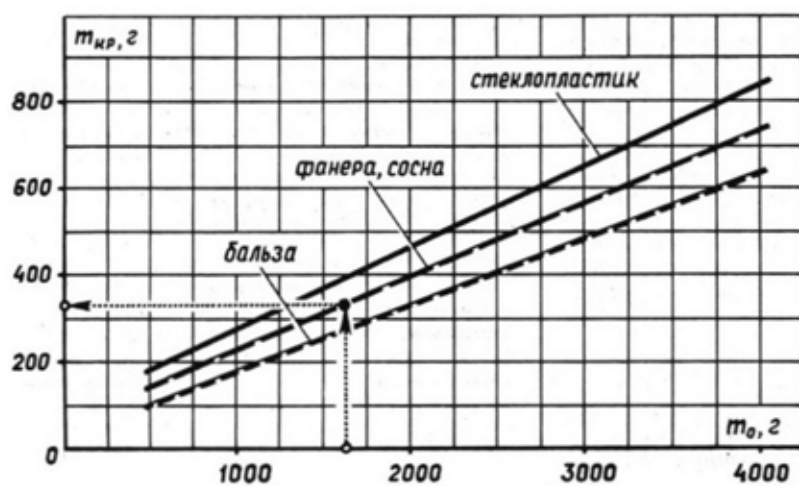


Рис. 2

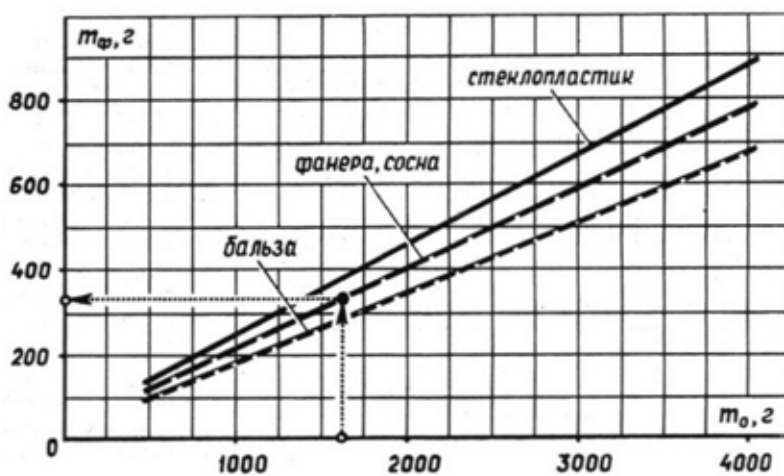


Рис. 3

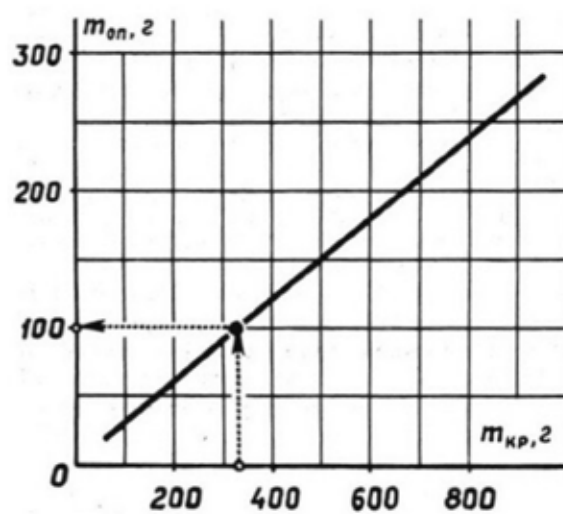


Рис. 4

По статистике массы [2], по номограммам (рис. 1, 2, 3, 4):

$$m_{кр} = 1280 \text{ г},$$

где $m_{кр}$ – масса крыла

$$m_{оп} = 380 \text{ г},$$

где $m_{оп}$ – масса оперения

$$m_{ф} = 1400 \text{ г},$$

где $m_{ф}$ – масса фюзеляжа.

Масса во втором приближении определяется по формуле

$$(m_o)^{\text{II}} = 1,15 m_n + m_{кр} + m_{ф} + m_{оп} + n_{ку},$$

где $m_n = m_{ру} + m_{су} + m_{тс} + m_{ш} = 3000 \text{ г}$; $m_{ру}$ – масса бортовой аппаратуры радиоуправления с источником питания; $m_{су}$ – масса двигателя с воздушным винтом; $m_{тс}$ – масса топлива и топливной системы; $m_{ш}$ – масса шасси, или иных взлетно-посадочных устройств; m_n – определяется путем взвешивания данного оборудования; $n_{ку}$ – количество каналов радиоуправления.

Для нас: $n_{ку} = 8$.

$$(m_o)^{\text{II}} = 1,15 \cdot 3000 + 1280 + 1400 + 380 + 80 = 6,590;$$

$$(m_o)^{\text{II}} = 6,59 \text{ кг}.$$

Из этой массы в соответствии с [2]:

$$\sum m_{\text{констр}} = 3000 \text{ г};$$

$$(m_o)^{\text{II}} = 6,590.$$

Принимаем массу во втором приближении:

$$(m_o)^{\text{II}} = 6,500 \text{ кг}.$$

Масса горизонтального оперения

$$m_{г.о.} = 270 \text{ г};$$

Масса вертикального оперения:

$$m_{в.о.} = 110 \text{ г}.$$

Параметры поверхностей управления и вертикального оперения:

а) Площадь вертикального оперения [1, 2]:

$$S = 0,117 S_{кр} = 0,117 \cdot 70 = 8,19 \text{ дм}^2.$$

$$B_{\text{max в.о.}} = 2,26 \text{ дм}; S_{\text{форкиля}} = 0,43 \text{ дм};$$

$$B_{\text{min в.о.}} = 1,64 \text{ дм}; S_{\text{фальшкиля}} = 0,86 \text{ дм}.$$

$$L_{\text{в.о.}} = 2,6 \text{ дм}.$$

б) Площадь руля направления:

$$S_{\text{р.н.}} = 0,016 \text{ дм}^2.$$

$$B_{\text{max}} = 0,09 \text{ м} = 0,9 \text{ дм};$$

$$B_{\text{min}} = 0,05 \text{ м} = 0,5 \text{ дм};$$

$$l = 240 \text{ мм} = 2,4 \text{ дм}.$$

в) Площадь элерона:

$$S = 0,03 \text{ м}^2 = 3 \text{ дм}^2;$$

$$l = 3,8 \text{ дм};$$

$$B = 0,8 \text{ дм}.$$

г) Площадь руля высоты:

$$S_{\text{р.в.}} = 7,8 \text{ дм}^2;$$

$$L_{\text{р.в.}} = 9,2 \text{ дм};$$

$$B_{\text{max р.в.}} = 1 \text{ дм};$$

$$B_{\text{min р.в.}} = 0,7 \text{ дм}.$$

5. Аэродинамический расчет

5.1. Построение поляры

Исходная поляра (рис. 7).

Определим $C_{хвр}$ не создающих подъемной силы элементов аппарата (табл. 1):

$$C_{хвр} = \frac{\sum S_n C_{xn}}{S_{кр}} = 0,013.$$

Таблица 1

Параметры элементов, не создающих подъемной силы.

Элементы ЛА	$S_n (\text{м}^2)$	C_{xn}	$S_n \cdot C_{xn}$	$\frac{S_n \cdot C_{xn}}{S_{кр}}$
Фюзеляж	0,012	0,2	0,0024	0,003
Мотогондол	0,006	0,1	0,0006	0,0008
Оперение	0,26	0,02	0,0052	0,007
Прочие элементы	0,0004	0,74	0,0003	0,0004
Итого:	$\sum C_{хвр}$		0,0085	0,0112

С учетом интерференции $C_{хвр}$ увеличим на 15%

$$C_{хвр} = 0.0112 \cdot 1,15 = 0.013;$$

Величина индуктивного сопротивления:

$$C_{xi} = \frac{C_y^2}{\pi \cdot \lambda}$$

для $\lambda = 8$ строим поляру исходного крыла и $C_{y0} = f(\alpha)$ (табл. 2), (рис. 10, 11);

$$C_x = C_{хкр} + C_{xi}$$

Строим параболу индуктивного сопротивления (рис. 10) $C_{xi} = f(C_y)$.

Откладываем величину $C_{хвр}$ от параболы индуктивного сопротивления C_{xi} ($\lambda = 8$), получаем координаты поляры реального изолированного крыла с $\lambda = 8$ (рис. 10). Учитывая $C_{хвр}$, переносим ось C_y на величину $C_{хвр} = 0,013$;

$$C_x = C_{хкр} + 1,15 C_{хвр}$$

Получим поляру аппарата в целом (табл. 3) (рис. 10). Проводим касательную к поляре аппарата и получаем:

$$K_{\max} = \frac{C_y}{C_x} = \frac{0,8}{0,0455} = 17,6 ;$$

$K_{\max}$ – максимальное аэродинамическое качество аппарата.

В связи с изменением λ изменяется и величина скоса потока

$$\Delta\alpha = \frac{57,3 \cdot C_y}{\pi} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) =$$

$$= \frac{57,3 \cdot 1}{\pi} \cdot \left(\frac{1}{8} - 0 \right) = 2,3^\circ.$$

Таблица 2

Зависимость C_{xi} от C_y

C_y	$\lambda = 8$
	C_{xi}
0	0
0,2	0,0015
0,4	0,0063
0,6	0,0140
0,8	0,0250
1,0	0,0390
1,2	0,0570
1,4	0,0770
1,6	0,1010

Таблица 3

Сводная таблица параметров для построения поляры проектируемого аппарата.

Профиль крыла FX63137; $\lambda = 8$;

$$K_{\max} = 17,6 ; C_{хвр} = 0,013$$

	$\alpha_{\text{уб}}$																	
C_y	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$V_{\text{гн}}$	42,6	26,5	23,8	20,0	17,0	15,08	14,0	13,3	12,5	12,0	11,2	10,8	10,5	10,2	10,0	9,7	9,4	9,1
Re	823032	511980	459816	386400	328440	291346	270400	256956	241500	231840	216384	208656	202860	1977064	193200	187404	181608	175812
C_p	-	0,0137	-	0,0107	-	0,0095	-	0,0075	-	0,0085	-	0,007	-	0,004	-	0,001	-	-
C_{xi}	-	0,0015	-	0,0063	-	0,0140	-	0,0250	-	0,0390	-	0,0570	-	0,0770	-	0,1010	-	-
$C_{хвр}$	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	0,013	-	-
ΣC_x	-	0,0282	-	0,03	-	0,0365	-	0,0455	-	0,0605	-	0,077	-	0,094	-	0,115	-	-
$\sqrt{\frac{C_x^2}{C_y^3}} = k$	-	0,32	-	0,12	-	0,068	-	0,062	-	0,06	-	0,059	-	0,057	-	0,056	-	-
$V_{y1}^{p=71}$	-	1,12	-	0,42	-	0,24	-	0,217	-	0,21	-	0,2	-	0,2	-	0,196	-	-
$V_{y2}^{p=93}$	-	1,2	-	0,456	-	0,26	-	0,24	-	0,23	-	0,22	-	0,217	-	0,21	-	-
$V_{y3}^{p=100}$	-	4,0	-	1,5	-	0,86	-	0,79	-	0,77	-	0,75	-	0,73	-	0,72	-	-
$C_{хкр} + C_{xi}$	0,0175	0,0152	0,016	0,017	0,02	0,0235	0,0275	0,0325	0,04	0,0475	0,055	0,064	0,074	0,081	0,088	0,102	0,105	0,106
K	-	7,14	-	13,1	-	16,4	-	17,6	-	16,5	-	15,6	-	14,1	-	13,6	-	-
α	-	-4°	-	-2°	-	0°	-	2,6°	-	5,2°	-	8°	-	12°	-	14°	-	-

Знак (+) показывает, что угол скоса надо увеличить относительно исходного профиля. Полученное значение $\Delta\alpha = 2,3^\circ$ откладываем против значения $C_y = 1$ вправо от оси, через полученную точку проводим прямую O . Кривую $C_{y0} = f(\alpha)$ поворачиваем на угол $\Delta\alpha$ вправо (рис. 11). По полученной зависимости $C_{y0} = f(\alpha)$ производим разметку углов α на поляре крыла с удлинением $\lambda = 8$, (Рис. 10); (Рис. 11). В точке касательной к поляре, находим $\alpha_{\text{нв}}$ – наивыгоднейший угол атаки крыла, $\alpha_{\text{нв}} = 2,6^\circ$.

По формуле $k = \sqrt{\frac{Cx^2}{Cy^3}}$ определяем коэффициент k и результаты заносим в табл. 3.

Вне зоны критических чисел Re (10 000 – 200 000) $k_{\text{мин}} = 0,059$, что соответствует «экономическому режиму» полета аппарата, при $C_y = 1,2$.

5.2. Скорость снижения аппарата

Вертикальная скорость V_y :

$$V_y = 1,278 \cdot k \cdot \sqrt{\frac{G}{S}}$$

Все данные заносим в табл. 3 при разных удельных нагрузках:

$$p = 71 \text{ г/дм}^2;$$

$$p = 93 \text{ г/дм}^2;$$

$$p = 100 \text{ г/дм}^2.$$

Строим скоростную поляру аппарата в режиме планирования (рис. 12), строим зависимости

$$K = f(\alpha); \frac{C_x}{C_y^{3/2}} = f(\alpha) \text{ (рис. 13)}.$$

5.3. Проверочный расчет боковой устойчивости аппарата

$$\frac{\sum S_{\text{хв}} \cdot l_{\text{хв}}}{\sum S_{\text{нос}} \cdot l_{\text{нос}}} = 5 \div 8 [3, 4];$$

$$\frac{\sum S_{\text{хв}} l_{\text{хв}}}{\sum S_{\text{нос}} l_{\text{нос}}} = \frac{(10,9 \cdot 5) + (6,4 \cdot 8,4)}{19,5} = 5,55 [3,4].$$

Полученное соотношение удовлетворяет условию, следовательно, боковая и поперечная устойчивость аппарата будут обеспечены.

5.4. Расчет дальности и продолжительности полета

$$L = 3,6 \frac{G_{\text{т}} V}{q_{\text{ч}}} [\text{км}] [5];$$

$$t = \frac{G_{\text{т}}}{q_{\text{ч}}} [\text{ч}];$$

$$t = \frac{1000}{858} = 1 \text{ ч } 10 \text{ мин};$$

где $G_{\text{т}}$ – количество топлива, см^3 ($V_{\text{бака}} = 1000 \text{ см}^3$); $q_{\text{ч}}$ – часовой расход топлива $\text{см}^3/\text{ч}$ ($q_{\text{ч}} = 858 \text{ см}^3/\text{ч}$); V – скорость полета, м/с ($V = 50 \text{ км/ч} = 13,9 \text{ м/с}$)

$$L = 3,6 \cdot \frac{1000 \cdot 13,9}{858} = 58,32 \text{ км}.$$

Продолжительность полета 1 час, с запасом топлива на 10 минут.

5.5. Потребная мощность для полета аппарата

Потребная мощность двигателя для различных высот полета [5] (табл. 4):

$$N_{\text{пот}} = \frac{P \cdot V}{75} \text{ л.с.};$$

$$P = \frac{G}{K},$$

$$\text{где } K = 17,6; P = \frac{6,5}{17,6} 0,37 \text{ кг};$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{2G}{C_y \rho S}} = 4 \sqrt{\frac{P}{C_y \rho}};$$

$$V_0 = 4 \sqrt{\frac{9,28}{0,8}} = 13,6 \text{ м/с} \approx 50 \text{ км/ч};$$

$$N_{\text{потр}} = \frac{0,3713,6}{75} = 0,067 \text{ л.с.}$$

Без учета высоты и η в горизонтальном установившемся полете

$$N_{\text{потр}} = N_{\text{н}} = 2 \frac{\sqrt{2}}{75} \frac{G}{\eta} \frac{C_x}{C_y^{3/2}} \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{P_{\text{н}}}};$$

Таблица 4

Сводная таблица параметров $\eta, \sqrt{\Delta} = \sqrt{\frac{P_H}{P}}, N_H$

$\eta = 0,7H, \text{ м}$	$\sqrt{\Delta} = \sqrt{\frac{P_H}{P}}$	$N_H, \text{ л.с.}$
0	1	0,062
100	0,997	0,06
500	0,974	0,06
1000	0,952	0,063
1500	0,930	0,064
2000	0,907	0,066
2500	0,883	0,068
3000	0,861	0,0696

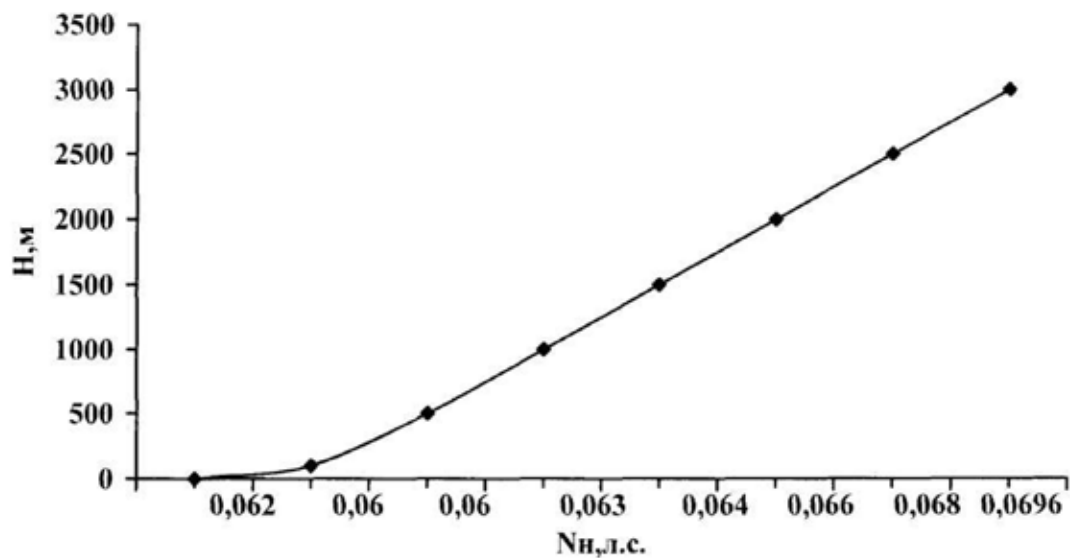


Рис. 5. График зависимости функции $N_H = f(H)$

5.6. Расчет максимальной скорости полета

$$P = X, C_x \frac{\rho V^2}{2} S = \frac{75 N \eta}{V}, N_p = 1,2 \text{ л.с.};$$

Расчет максимальной скорости [5] производится по формуле

$$V_{\max} = 3,6 \sqrt[3]{\frac{150 N \eta}{C_x \rho S}} = 38,2 \sqrt[3]{\frac{N \eta}{C_x S}} = 38,2 \sqrt[3]{\frac{1,2 \cdot 0,7}{0,028 \cdot 0,7}} = 133,7 \text{ км/ч};$$

$$V_{\max} = 133,7 \text{ км/ч};$$

при этом

$$C_y = \frac{2G}{\rho S V^2} = 16 \frac{P}{V^2} = 16 \frac{9,28}{27,8^2} = 0,19 \approx 0,2$$

ему соответствует $C_x = 0,028$; аэродинамическое качество $K = C_y / C_x$

$$K=0,2/0,028=-7,14.$$

5.7. Расчет максимальной высоты полета

$$N = 1,2 \cdot 0,7 = 0,84 \text{ л.с}; \eta = 0,7; G = 6,5 \text{ кг};$$

$$P = 9,28 \text{ кг/м}^2; C_y = 0,8; C_x = 0,0455.$$

$A = 0,598$ – коэффициент падения мощности.

Расчет максимальной высоты полета [5] производится по формуле

$$f(H) = \frac{1}{\sqrt{P}} \cdot \frac{C_y^{3/2}}{C_x} \left(18,75 \frac{N_0 \eta}{G} - \frac{0,125}{A} \right) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{9,28}} \cdot \frac{0,8^{3/2}}{0,0455} \left(18,75 \frac{0,84 \cdot 0,7}{6,5} - \frac{0,125}{0,47} \right) =$$

$$= 0,33 \cdot 15,76 (1,696 - 0,27) = 7,2;$$

Величине $f(H)=7,2$ соответствует $H=10000$ м.

Запас мощности силовой установки позволяет набрать аппарату высоту до 10000 м. По условиям ТЗ эта высота должна быть ограничена. Принимаем $H_{\max}=3000$ м.

6. Продольная балансировка и устойчивость аппарата в режиме планирования

6.1. Продольная балансировка и устойчивость

При САХ крыла = 280 мм = 0,28 м.

$$\bar{X}_T = 0,345.$$

Для прямоугольного крыла: $Y_T = 0,64$

$m_{zo, \text{кр}} = C_{zo, \text{кр}} = -0,15$ коэффициент момента профиля FX 63137 (рис. 9, 16)

$$A_{г.о.} = \frac{S_{г.о.} \cdot L_{г.о.}}{S \cdot B_a} = \frac{0,17 \cdot 0,86}{0,7 \cdot 0,28} = 0,75.$$

Для плохо обтекаемых фюзеляжей $k_\phi = 0,9$ [5]

$$a_{г.о.} = 0,078; \lambda_{г.о.} = 5.$$

Строим графики $m_z = f(C_y)$ (рис. 15) и $C_{y, \text{баланс}} = (C_{г.о.})$ (рис. 17).

Изменение момента при перестановке стабилизатора на 1° равно:

$$\Delta m_z = -A_{г.о.} k_\phi a_{г.о.} = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,078 = -0,053;$$

$$\Delta m_z = 0,05.$$

Для балансировки аппарата на $C_y = 0,8$ нужно стабилизатор с $\phi = 0^\circ$ переставить в положение:

$$\phi^\circ = -\frac{m_z(0)}{\Delta m_z} = -\frac{-0,2}{-0,053} = -3,77^\circ$$

Из рис. 15 степень устойчивости на $C_y = 0,8$ равна:

$$\sigma = \frac{\Delta m'_z}{\Delta C_y} = \frac{-0,02}{0,05} = -0,4.$$

Критическая задняя центровка аппарата:

$$\bar{x}_{к.з.} = \bar{x}_f - 0,05 = 0,445 - 0,05 = 0,395;$$

$\bar{x}_{к.з. \text{ сах}} = 110,6$ мм от передней кромки.

Положение фокуса аппарата

$$\bar{x}_f = \bar{x}_{f_{\text{кр}}} + \Delta \bar{x}_{f_\phi} + \Delta \bar{x}_{f_{г.о.}},$$

где $\bar{x}_{f_{\text{кр}}} = 0,25; \Delta \bar{x}_{f_\phi} = -0,03; \Delta \bar{x}_{f_{г.о.}} = 0,3.$

$$\bar{x}_f = 0,25 - 0,03 + 0,3 \cdot A_{г.о.} =$$

$$= 0,22 + 0,3 \cdot 0,75 = 0,445;$$

$x_{f_{\text{а сах}}} = 124,6$ мм от передней кромки крыла аппарата.

$$\bar{x}_f - 0,1 = 0,445 - 0,1 = 0,345;$$

Положение ц.т. $x_T = 96,6$ мм от передней кромки крыла.

Критическая передняя центровка аппарата

Таблица 5

Параметры расчета продольной балансировки

Рассчитываемая величина	Номера точек			
	1	2	3	4
C_y	0	0,2	0,4	0,8
α	-7°	-4°	-2°	$2,6^\circ$
C_x	0,035	0,028	0,0305	0,0455
$C_{x1} = C_x - C_y \cdot \alpha^2 / 57,3$	0,035	0,042	0,0445	0,0095
$m_{z_{\text{кр}}} = m_{z_{\text{о кр}}} - (\bar{x}_f - \bar{x}_T) C_y + y_T C_{x1}$	-0,13	-0,1	-0,084	-0,045
$\varepsilon = 36,5 C_y / \lambda$	0	1,46	2,92	5,84
$m_{z_{г.о.}} = -A k_\phi a_{г.о.} (\alpha - \varepsilon)$ при $\phi = 0$	0,35	0,27	0,24	-0,16
$m_z = m_{z_{\text{кр}}} + m_{z_{г.о.}}$	0,22	0,17	0,156	-0,2

$$\bar{X}_{\text{к.п.}} = X_{\text{к.з.}} - \Delta \bar{X}_{\text{т}}; \bar{X}_{\text{т}} = 0,15;$$

$$\bar{X}_{\text{к.п.}} = 0,395 - 0,15 = 0,245;$$

$$\bar{X}_{\text{к.п.}} = 68,6 \text{ мм};$$

Диапазон центровок

$$\bar{X}_{\text{к.з.}} - \bar{X}_{\text{к.п.}} = 0,395 - 0,245 = 0,15;$$

$$(X_{\text{к.з.}} - X_{\text{к.п.}}) B_A = 0,15 \cdot 0,28 = 0,042 \text{ м};$$

$$(\bar{X}_{\text{к.з.}} - \bar{X}_{\text{к.п.}}) = 42 \text{ мм};$$

$$\Delta \bar{X}_{\text{ц.т.}} > 0.$$

Аппарат продольно устойчив.

6.2. Расчет балансировки аппарата в моторном полете

а) задаемся $C = 0,55$; $p = 93 \text{ г/дм}^2$; $V = 14 \text{ м/с}$; $\alpha_{\text{уст}} = 0^\circ$; $P = 0,42 \text{ кг}$; $D_{\text{винта}} = 0,3 \text{ м}$ [5];

$$F_{\text{винта}} = \frac{\pi \cdot 0,3^2}{4} = 0,07 \text{ м/с};$$

Коэффициент нагрузки винта

$$B_B = \frac{2 \cdot P}{\rho \cdot V^2 \cdot F_B} = \frac{2 \cdot 0,42}{0,125 \cdot 14^2 \cdot 0,07} = 0,49.$$

Ось винта $+6^\circ$, наклон вбок вправо 2°

$$\varphi_B = 6^\circ + \alpha_{\text{уст}} = 6^\circ + 0^\circ = 6^\circ;$$

Доля горизонтального оперения обдуваемого винтом $\bar{S}_{\text{обд}} = 0,3$

Для $i = 0,55$ снимаем с $C_y = f(\alpha)$ угол атаки в полете $\alpha = -0,3^\circ$

Скос потока у оперения

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_M &= \frac{\sqrt{1+B_B}-1}{\sqrt{1+B_B}} (\varphi_B^\circ + \alpha^\circ) \cdot \bar{S}_{\text{обд}} = \\ &= \frac{\sqrt{1+0,49}-1}{\sqrt{1+0,49}} (6^\circ - 0,3^\circ) \cdot 0,3 = 0,3; \end{aligned}$$

момент от горизонтального оперения при $\varphi = -3,77^\circ$

$$\begin{aligned} m_{\text{з.г.о.м.}} &= -A_{\text{г.о.}} k_{\text{ф}} a_{\text{г.о.}} (1 + \bar{S}_{\text{обд}} B_B) (\alpha - \varepsilon - \Delta \varepsilon_M + \varphi) = \\ &= -0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,078 (1 + 0,3 + 0,49) \times \\ &\quad \times (-0,3 - 4 - 0,3 - 3,77) = 0,48; \end{aligned}$$

$$\text{где } \varepsilon = 36,5 \cdot \frac{C_y}{\lambda} = 36,5 \cdot \frac{0,55}{5} = 4^\circ - \text{скос}$$

потока после крыла.

б) зададимся $C_y = 0,8$ и повторим $V = 20 \text{ м/с}$; $P = 0,37 \text{ кг}$; $\alpha = 2,6^\circ$.

$$B_B = \frac{2 \cdot P}{\rho \cdot V^2 \cdot F_B} = \frac{2 \cdot 0,37}{0,125 \cdot 20^2 \cdot 0,07} = 0,2;$$

$$\varepsilon = 36,5 \cdot \frac{0,8}{5} = 5,84^\circ;$$

$$\Delta \varepsilon_M = \frac{\sqrt{1+0,2}-1}{\sqrt{1+0,2}} (6^\circ + 2,6^\circ) \cdot 0,3 = 0,22;$$

$$m_{\text{з.г.о.м.}} = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,078 (1 + 0,3 + 0,2) \times \times (2,6 - 5,84 - 0,22 - 3,77) = -0,38;$$

Моменты от винта

$$\begin{aligned} m_{\text{з.р.}} &= \frac{1}{57,3} B_B \cdot \frac{F_B X_B}{S B_A} (-\varphi_B Y_B) = \\ &= \frac{1}{57,3} \cdot 0,2 \cdot \frac{0,07 - 0,11}{0,7 \cdot 0,28} (-6 \cdot 0,18) = \\ &= -0,00013 \rightarrow 0. \end{aligned}$$

Добавим коэффициент момента от винта. Этим смещаем $m_{\text{за}} = f(C_y)$ параллельно самой себе вниз $m_{\text{за}(\varphi=6)} = m_{\text{за}} + m_{\text{зр}}$ близко к 0, (рис. 18).

Вывод: аппарат фактически сбалансирован на $C_y = 0,67$

6.3. Моменты инерции аппарата

Момент инерции складывается:

$$\begin{aligned} I_z &= \frac{G_{\text{оп}}}{g} L_{\text{оп}}^2 + \frac{G_M}{3g} L_M^2 + \frac{G_{\text{гр}}}{g} L_{\text{гр}}^2 + \\ &\quad + \frac{G_{\text{ф}}}{3 \cdot g \cdot L_{\text{ф}}} (L_{\text{ФН}}^3 + L_{\text{ФХВ}}^3); \\ I_z &= \frac{0,38}{9,81} \cdot 0,81^2 + \frac{1,44}{3 \cdot 9,81} \cdot 0,13^2 + \\ &\quad + \frac{2,0}{9,81} \cdot 0,24^2 + \\ &\quad + \frac{1,4}{3 \cdot 9,81 \cdot 0,81} \cdot (0,5^3 + 1,0^3) = 0,074; \\ I_z &= 0,074 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2; \end{aligned}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot \frac{G_{\text{кр}}}{g} \cdot l^2 = \frac{1}{12} \cdot \frac{1,28}{9,81} \cdot 2,5^2 = 0,068 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2;$$

$$I_x = 0,068 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2;$$

$$\begin{aligned} I_y &= \frac{1}{12} \cdot \frac{G_{\text{кр}}}{g} \cdot l^2 + \frac{G_{\text{оп}}}{g} L_{\text{оп}}^2 + \frac{G_M}{3g} L_M^2 + \\ &= \frac{G_{\text{гр}}}{g} L_{\text{гр}}^2 + \frac{G_{\text{ф}}}{3gL_{\text{ф}}} (L_{\text{ФН}}^3 + L_{\text{ФХВ}}^3) = \\ &= 0,142 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2 \end{aligned}$$

$$I_v = 0.142 \text{ кг/м} \cdot \text{с}^2.$$

Безразмерные моменты инерции относительно осей x, y, z :

$$i_z = \frac{I_z}{m \cdot B_A^2} = \frac{0,074}{0,66 \cdot 0,28} = 0,4;$$

$$i_x = \frac{4 \cdot I_x}{m \cdot l^2} = \frac{4 \cdot 0,068}{0,66 \cdot 6,25} = 0,065;$$

$$i_y = \frac{4 \cdot I_y}{m \cdot l^2} = \frac{4 \cdot 0,142}{0,66 \cdot 6,25} = 0,14;$$

$$k_p = \frac{P}{G} = \frac{0,37}{6,5} = 0,057;$$

$$k_m = k_p(1 + \bar{S}_{\text{обд}} B) = 0,057(1 + 0,3 \cdot 0,38) = 0,06;$$

$$\lambda_{\text{г.о.}} = 5; a_{\text{г.о.}} = 0,5; \lambda = 8; C^{\text{ао}}_y = 0,56; C^{\text{а}}_y = 1,6;$$

$$\Delta \bar{C}_y = \frac{\Delta C_y}{C^{\text{проф}}_{y \max}} = \frac{1}{1,6} = 0,625;$$

$$\bar{S}_{\text{р.в.}} = \frac{S_{\text{р.в.}}}{S_{\text{г.о.}}} = 0,46;$$

$$\bar{S}_{\text{з.}} = \frac{S_{\text{з.}}}{S_{\text{кр}}} = 0,086;$$

$$\bar{S}_{\text{р.н.}} = \frac{S_{\text{р.н.}}}{S_{\text{в.о.}}} = 0,195;$$

$$\bar{X}_T = 0,345;$$

6.4. Управляемость аппарата

Определяем раздельно потребные углы отклонения руля высоты для выхода аппарата на $C_{\text{у.в.}}$ и преодоления моментов: демпфирования от запаздывания скоса потока и инерционного [5].

Исходные величины для расчета:

$$A_{\text{г.о.}} = 0,75; V = 15 \text{ м/с}; q = 14 \text{ кг/м}^2;$$

$$b_a = 0,28; \bar{L}_{\text{г.о.}} = 3; I_z = 0,074.$$

Потребный угол отклонения руля высоты

$$B = \frac{16 \cdot P}{V^2 \cdot F_a} = \frac{16 \cdot 0,37}{15^2 \cdot 0,07} = 0,38; S_{\text{обд}} = 0,3; \delta_B = -\frac{1}{m_z^{\delta_B}} (m_z^{\alpha} \alpha + m_z^{\bar{\omega}_z} \bar{\omega}_z + m_z^{\delta} \delta + m_z^z \xi_z);$$

1) потребное отклонение руля высоты для выхода на $C_{\text{у.в.}}$

$$\Delta \delta_B^{\circ} = -\frac{C_{\text{у.в.}}}{m_z^{\delta_B^{\circ}}} \cdot \left\{ \left[0,25 + A_{\text{г.о.}} K_m \alpha_{\text{г.о.}}^{\circ} \left(\frac{135}{C_y^{\alpha}} - \frac{1}{\lambda} \right) - \bar{X}_T \right] - 0,25 \cdot \Delta \bar{C}_y \right\} = 10,5^{\circ};$$

$$\text{где } m_z^{\delta_B^{\circ}} = A_{\text{г.о.}} K_m \alpha_{\text{г.о.}}^{\circ} \sqrt{\bar{S}_B} = -0,75 \cdot 0,06 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,46} = -0,015;$$

$$\Delta \delta_B^{\circ} = -\frac{0,8}{-0,015} \cdot \left\{ \left[0,25 + 0,75 \cdot 0,06 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{1}{0,56} - \frac{35}{8} \right) - 0,345 \right] - 0,25 \cdot 0,625 \right\} = 10,5^{\circ};$$

$$\Delta \delta_B^{\circ} = 10,5^{\circ};$$

2) потребное отклонение руля высоты для преодоления момента демпфирования:

$$m_z^{\bar{\omega}_z} = -a_{\text{го}} A_{\text{г.о.}} \bar{L}_{\text{г.о.}} \sqrt{k_m} = -57,3 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,06} = -15,8;$$

При скорости $V=15$ м/с и радиусе разворота $r=50$ м

$$\omega_z = \frac{V}{r} = \frac{15}{50} = 0,3 \text{ рад/с};$$

$$F_{\text{ц.б.}} = \frac{6,5 \cdot 15^2}{50} = 29,25 \text{ кг};$$

$$n = 4,5 \text{ перегрузка}$$

$$\bar{\omega}_z = \frac{\omega_z \cdot B_a}{V} = \frac{0,3 \cdot 0,28}{15} = 0,0056.$$

Потребное отклонение руля высоты:

$$\Delta\delta_{B_z}^\circ = -\frac{m_z^{\omega_z} \cdot \bar{\omega}_z}{m_z^{\delta_B}} = \frac{(-15,8) \cdot 0,0056}{0,015} = 5,9^\circ;$$

$$\Delta\delta_B^\circ = 5,9^\circ;$$

3) потребное отклонение руля высоты для преодоления момента от запаздывания скаса потока. Принимаем скорость изменения угла атаки 2° в с ($\alpha = \frac{2}{57,3}$ рад/с) [5]

$$\Delta\delta_{B_3}^\circ = -\frac{1}{m_z^{\delta_B}} \cdot m_z^{\omega_z} \cdot \frac{C_y^\alpha}{\pi \cdot \lambda} \cdot \alpha =$$

$$= -\frac{1}{0,015} \cdot (-15,8) \cdot \frac{1,6 \cdot 2}{3,14 \cdot 8 \cdot 57,3} = 2,3^\circ;$$

$$\Delta\delta_B^\circ = 2,3^\circ;$$

4) потребное отклонение руля высоты для преодоления момента инерции аппарата

$$m_z^{\varepsilon_z} = -\frac{I_z}{q \cdot S \cdot B_A} = -\frac{0,074}{14 \cdot 0,7 \cdot 0,28} = 0,027$$

принимая условие: аппарат должен достигать угловой скорости $\omega_z = 2,5$ рад/с за $t = 1$ с [5].

Угловое ускорение равно

$$\varepsilon_z = \frac{\omega_z}{t} = \frac{2,5}{1} = 2,5 \text{ рад/с}^2.$$

Угол отклонения руля высоты

$$\Delta\delta_{B_4}^\circ = -\frac{1}{m_z^{\delta_A}} \cdot m_z^{\varepsilon_z} \cdot \varepsilon_z =$$

$$= -\frac{1}{0,015} \cdot (-0,027) \cdot 2,5 = 4,5^\circ.$$

Суммарный угол:

$$\delta_B^\circ = \sum_{i=1}^4 \Delta\delta_{B_i}^\circ = 5,9^\circ + 2,3^\circ + 2,3^\circ + 4,5^\circ = 15^\circ$$

$$\delta_B^\circ = 23,2^\circ < \delta_{\max}^\circ; \delta_{\max}^\circ = 35^\circ;$$

$$\delta_B^\circ = 23,2^\circ < 35^\circ.$$

Вывод: управляемость аппарата хорошая.

7. Расчет на прочность основных агрегатов и узлов аппарата

Для расчета аппарата на прочность принимаем:

$$G_{\text{взл}} = 6,5 \text{ кг};$$

$$\text{перегрузка разрушающая } n_y^p = 5;$$

перегрузка эксплуатационная $n_y^{\text{э}} = 3$;
коэффициент безопасности $f = 1,5$.

7.1. Расчет крыла

Определение погонной аэродинамической нагрузки:

$$q_{\text{аэр}} = \frac{n_y^p \cdot G_{\text{взл}}}{I_{\text{кр}}} = \frac{5 \cdot 6,5}{2,5} = 13 \text{ кг/м}.$$

Определение погонной массовой нагрузки:

$$q_{\text{м}} = \frac{n_y^p \cdot S_{\text{кр}}}{I_{\text{кр}}} = \frac{5 \cdot 1,28}{2,5} = 2,56 \text{ кг/м}.$$

Определение погонной суммарной нагрузки:

$$q_{\Sigma} = q_{\text{аэр}} + q_{\text{м}} = 13 + 2,56 = 10,44 \text{ кг/м};$$

Определение перерезывающих сил в сечениях и построение эпюры Q .

$$Q = q_{\sigma} l;$$

$$Q_1 = 10,44 \cdot 1,2 = 12,5 \text{ кг};$$

$$Q_2 = 10,44 \cdot 0,8 = 8,35 \text{ кг};$$

$$Q_3 = 10,44 \cdot 0,4 = 4,18 \text{ кг};$$

$$Q_4 = 10,44 \cdot 0,2 = 2,09 \text{ кг};$$

Определение изгибающего момента в сечениях и построение эпюры $M_{\text{изг}}$:

$$M_{\text{изг}} = \frac{q_{\sigma} \cdot l^2}{2};$$

$$M_{\text{изг1}} = \frac{10,44 \cdot 1,2^2}{2} = 7,5 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{изг2}} = \frac{10,44 \cdot 0,8^2}{2} = 3,3 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{изг3}} = \frac{10,44 \cdot 0,4^2}{2} = 0,8 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{изг4}} = \frac{10,44 \cdot 0,2^2}{2} = 0,2 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

Расчет сечений полок лонжеронов от $M_{\text{изг}}$ по нормальным напряжениям.

Сечение 1

$$M_1 = 7,5 \text{ кгм}; H_{\text{ср}} = 0,04 \text{ м};$$

$$S = \frac{M_{\text{изг}}}{H_{\text{ср}}} = \frac{7,5}{0,04} = 187,5 \text{ кг};$$

$$F_B = \frac{S}{[\sigma_{\text{всж}}]} = \frac{187,5}{350} = 0,54 \text{ см}^2;$$

$$F_n = \frac{S}{[\sigma_{вр}]} = \frac{187,5}{830} = 0,23 \text{ см}^2;$$

Сечение 2

$$M_2 = -3,3 \text{ кгм}; H_{ср} = 0,04 \text{ м};$$

$$S = \frac{M_{изг}}{H_{ср}} = \frac{3,3}{0,04} = 82,5 \text{ кг};$$

$$F_b = \frac{S}{[\sigma_{всж}]} = \frac{82,5}{350} = 0,23 \text{ см}^2;$$

$$F_n = \frac{S}{[\sigma_{вр}]} = \frac{82,5}{830} = 0,099 \text{ см}^2;$$

Сечение 3

$$M_3 = -0,8 \text{ кгм}; H_{ср} = 0,04 \text{ м};$$

$$S = \frac{M_{изг}}{H_{ср}} = \frac{0,8}{0,04} = 20 \text{ кг};$$

$$F_b = \frac{S}{[\sigma_{всж}]} = \frac{20}{350} = 0,057 \text{ см}^2;$$

$$F_n = \frac{S}{[\sigma_{ир}]} = \frac{20}{830} = 0,024 \text{ см}^2;$$

Сечение 4

$$M_4 = -0,2 \text{ кгм}; H_{ср} = 0,04 \text{ м};$$

$$S = \frac{M_{изг}}{H_{ср}} = \frac{0,2}{0,04} = 5 \text{ кг};$$

$$F_b = \frac{S}{[\sigma_{всж}]} = \frac{5}{350} = 0,01 \text{ см}^2;$$

$$F_n = \frac{S}{[\sigma_{ир}]} = \frac{5}{830} = 0,006 \text{ см}^2;$$

Полки лонжерона крыла аппарата имеют следующие сечения:

Верхняя	Нижняя
$F_{1b} = 0,54 \text{ см}^2$	$F_{1h} = 0,23 \text{ см}^2$
$F_{2b} = 0,23 \text{ см}^2$	$F_{2h} = 0,1 \text{ см}^2$
$F_{3b} = 0,057 \text{ см}^2$	$F_{3h} = 0,024 \text{ см}^2$
$F_{4b} = 0,01 \text{ см}^2$	$F_{4h} = 0,06 \text{ см}^2$

Конструктивно принимаем следующие размеры полок лонжерона:

В сечении №1:
верхняя $A_b \times B_b = 10 \times 6 \text{ мм};$
нижняя $A_n \times B_n = 10 \times 4 \text{ мм}.$

В сечении №4:
верхняя $A_b \times B_b = 10 \times 4 \text{ мм};$
нижняя $A_n \times B_n = 10 \times 3 \text{ мм}.$

Ширина $A = \text{Const} = 10 \text{ мм}$ для всех полок.

Высота B – переменная:

с 6 до 4 мм – верхняя полка;

с 4 до 3 мм – нижняя полка.

Запас прочности по сравнению с расчетным в резерве.

Расчет стенок лонжерона на сдвиг от перерезывающей силы Q по касательным напряжениям:

Сечение 1

$$Q_1 = 12,5; F = \frac{12,5}{140} = 0,09 \text{ см}^2;$$

$$\sum \delta_{см} = \frac{0,09}{4,0} = 0,02 \text{ см} = 0,2 \text{ мм};$$

$$\delta_{см} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ мм}.$$

Конструктивно принимаем $\delta_{см} = 1,2 \text{ мм}$ в сечении №1, №2. Расчет сечений №2, №3, №4 не имеет смысла, так как Q_2, Q_3, Q_4 меньше Q_1 и толщина стенки получится меньше.

В сечениях №3 и №4 толщина стенки $\delta = 0,8 \text{ мм}.$

Расчет толщины обшивки крыла до лонжерона (образующими замкнутый контур) не имеет смысла, так как носок крыла обшивается бальзой толщиной явно больше расчетной.

7.2. Расчет переднего стыкового узла крыла

$$S_{сжат}^{раст} = \frac{3,5}{0,04} = 87,5 \text{ кг};$$

1) проверка проушины на разрыв по сечению

Потребное сечение:

$$F = \frac{S}{\sigma} = \frac{87,5}{40} = 2,2 \text{ мм}^2;$$

Конструктивно имеем $\sum F = 18 \text{ мм}^2.$

2) проверка пластины на разрыв по сечению

Потребное сечение:

$$F = \frac{S}{\sigma} = \frac{87,5}{40} = 2,2 \text{ мм}^2;$$

Имеем $\sum F = 18 \text{ мм}^2.$

Конструктивно размеры проушины и пластины гораздо больше, чем это необходимо, следовательно, при таких нагрузках прочность узла гарантирована по всем видам деформаций.

3) расчет стыковочного болта на срез от силы $S_{сжат}^{раст}$

$$F = \frac{S}{\sigma} = \frac{87,5}{35} = 2,5 \text{ мм}^2;$$

Потребная $F = 2,5 \text{ мм}^2$.
Имеем

$$F = \frac{\pi D}{4} = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} = 19,6 \text{ мм}^2,$$

так как имеем две плоскости среза, то $F_{\Sigma} = 19,6 \cdot 2 = 39,2 \text{ мм}^2$, что гарантирует прочность узлов с большим запасом.

8. Описание конструкции аппарата

Малоразмерный летательный аппарат народно-хозяйственного применения «Горизонт» рис. 6 а, б выполнен по схеме моноплан с верхним расположением крыла и «Т» – образным оперением, с силовой установкой закрепленной на пилоне сверху крыла в месте его разьема. Шасси на аппарате отсутствуют, на фюзеляже для посадки на грунт и травяное покрытие предусмотрено лыжа.

Конструктивно аппарат представляет собой легкую деревянно-пластиковую конструкцию с широким использованием бальзы и композитов на основе стекло, и угле-волока.

Установка винтомоторной группы на пилоне, над крылом, позволила разместить в носовой части фюзеляжа целевую нагрузку, в том числе датчики, выводимые в невозмущенный поток воздуха впереди носовой части фюзеляжа. Это решение избавляет аппаратуру целевой нагрузки от вредных влияний на неё работы силовой установки и дает возможность обеспечить свободный доступ к аппаратуре.

Из необходимости повышения ресурса работы конструкции аппарата, с одновременным снижением затрат на ее изготовление, фюзеляж выполнялся наборным, состоящим из продольного набора – деревянных лонжеронов, а также поперечного набора – фанерных шпангоутов.

Сверху фюзеляж был обшит пластинами из бальзы на цианоакрилатном клее и покрыт специальной полимерной пленкой с возможностью ее термоусадки.

Носовая часть аппарата была снабжена съемным обтекателем, выклеенным по болванке из стеклоткани на эпоксидном связующем. В местах усиления фюзеляжа были применены детали из стеклопластика.

Крыло – наборной конструкции, выполнено по однолонжеронной схеме с задней стенкой. Продольным набором крыла являлись лонжероны, представляющие собой полки со стенкой. Полки выполнены из прямослойной сосны с усилением органоволокном на эпоксидном связующем.

Поперечным набором являлись нервюры из бальзовых пластин. Задняя стенка, к которой прикреплены узлы навески элеронов из алюминиевого сплава, как принадлежность продольного набора, также была усилена органоволокном на эпоксидном связующем. Крыло, имея специальные фрезерованные узлы, крепилось к узлам внутри фюзеляжа, выполненным из алюминиевого сплава, посредством винтов, образуя легкоразъемное в полевых условиях соединение. Разъем крыла у правой и левой боковин фюзеляжа производился путем отвинчивания двух винтов внутри фюзеляжа через специальные лючки с последующим удалением корневых частей крыла из гнезд его крепления.

Верхняя и нижняя поверхности носовых частей крыла до лонжерона с целью сохранения более точных теоретических обводов профиля крыла и повышения прочности были обшиты листовой бальзой. Обшивка всего крыла, верх и низ, выполнена из полимерной пленки типа «Ораковер» с возможностью ее термоусадки.

В местах стыка консолей разъемного крыла аппарата, система поперечного управления снабжена высокоточными узлами передачи усилий, легко расстыковывающимися в полевых условиях.

Горизонтальное оперение (ГО) выполнено наборным по однолонжеронной схеме со стенкой, на которую посредством специальных узлов навешивался руль высоты. Обшивалось ГО спереди до лонжерона пластинами из бальзы. Окончательно ГО обшивалось специальной полимерной пленкой «Ораковер» с возможностью ее термоусадки.

Вертикальное оперение (ВО) имело аналогичную конструкцию.

Мотогондола аппарата была выклеена из стеклоткани на эпоксидном связующем по болванке. Внутри мотогондолы на эпоксидном связующем установлены усиленные шпангоуты, связанные между собой лонжеронами. На одном из шпангоутов посредством стального крепежа закреплена, фрезерованная из дюралюминия, моторама. В пространстве за усиленными шпангоутами размещен цилиндрический топливный бак. Мотогондола с внутренними элементами и силовой установкой являлась отдельным легкозаменяемым модулем.

Аппарат был оснащен калильным двигателем рабочим объемом 10 см^3 мощностью 1,2 л.с. закрепленным на мотораме внутри мотогондолы посредством винтов с амортизаторами. Топливный бак, емкостью до 1,0 л. располагался выше уровня жиклера, и топливо поступало в двигатель самоте-

ком. Предусмотрена, была, принудительная подача топлива из бака в двигатель избыточным давлением, отбираемым из картера двигателя.

Управление аппаратом осуществлялось дистанционно комплектом пропорциональной радиоаппаратуры 9CAP Futaba. В её составе T9CAP PCM 1024 Futaba – передатчик и R149DP Futaba – приемник. Сигналы управления передавались по каналам курса, крена, тангажа, изменения режимов работы двигателя. Позднее для изменения режимов работы бортовой аппаратуры и целевой нагрузки, для обеспечения стабильного полета при выполнении задания в каналы управления по курсу, крену, тангажу были включены пьезогирометры GY 240 по одному на каждый канал с соответствующей их настройкой при установке. Сервоприводы S3001 Futaba управления рулем высоты, рулем направления и целевой нагрузкой были размещены в фюзеляже на специальных амортизированных платах. Сервоприводы S3001 Futaba управления элеронами размещались в крыле.

В любой момент времени с целью проверок и отработок аппаратура могла быть включена.

Аппарат оснащался двухлопастным воздушным винтом диаметром Ø300 мм с шагом 120 мм.

В соответствии с проектом, аппарат имел отсек целевой нагрузки размером 400×100×80 мм. Отсек был предназначен для размещения:

1. Микротермометра с линией передачи данных.
2. Высотомера барометрического принципа действия.
3. Измерителя влажности воздуха.
4. Аппаратуры изокINETического отбора проб воздуха.

Выводы

В результате заданных данных:

Масса аппарата полетная

$$m_0 = 6500 \text{ г} = 6,5 \text{ кг.}$$

Масса целевой нагрузки

$$m_{\text{цн}} = 2000 \text{ г} = 2,0 \text{ кг.}$$

Были получены расчетные параметры аппарата:

Масса крыла

$$m_{\text{кр}} = 1280 \text{ г} = 1,280 \text{ кг.}$$

Масса фюзеляжа

$$m_{\text{ф}} = 1400 \text{ г} = 1,400 \text{ кг.}$$

Масса оперения

$$m_{\text{оп}} = 380 \text{ г} = 0,380 \text{ кг.}$$

Масса горизонтального оперения

$$m_{\text{го}} = 270 \text{ г} = 0,270 \text{ кг.}$$

Масса вертикального оперения

$$m_{\text{во}} = 110 \text{ г} = 0,110 \text{ кг.}$$

Масса конструкции аппарата

$$m_{\text{констр}} = 3000 \text{ г} = 3,000 \text{ кг.}$$

Аэродинамический профиль крыла Wortmann FX 63 137.

Аэродинамический профиль ГО NASA 0009.

Аэродинамический профиль ВО NASA 0012.

Форма крыла в плане прямоугольная.

Площадь крыла $S = 70 \text{ дм}^2$.

Размах крыла $L = 2500 \text{ мм.}$

САХ крыла $\text{САХ} = 280 \text{ мм.}$

Удлинение крыла $\lambda = 8$

Угол установки крыла $\varphi^\circ = 0^\circ$

Площадь элерона $S_{\text{элэр}} = 3,04 \text{ дм}^2$

Длина элерона $L_{\text{элэр}} = 380 \text{ мм.}$

Хорда элерона $b_{\text{элэр}} = 80 \text{ мм.}$

Форма ГО в плане трапециевидная

Площадь ГО $S_{\text{го}} = 17 \text{ дм}^2$

Размах ГО $L_{\text{го}} = 920 \text{ мм.}$

САХ ГО $\text{САХ}_{\text{го}} = 185 \text{ мм.}$

Максимальная хорда ГО $b_{\text{max го}} = 200 \text{ мм.}$

Минимальная хорда ГО $b_{\text{min го}} = 170 \text{ мм.}$

Удлинение ГО $\lambda_{\text{го}} = 5$

Площадь руля высоты (РВ) $S_{\text{рв}} = 7,8 \text{ дм}^2$

Максимальная хорда РВ $b_{\text{max рв}} = 100 \text{ мм.}$

Минимальная хорда РВ $b_{\text{min рв}} = 70 \text{ мм.}$

Длина РВ $L_{\text{рв}} = 920 \text{ мм.}$

Плечо оперения $L_{\text{го}} = 860 \text{ мм.}$

Площадь ВО с учетом форкиля, фальшкиля и т.п. $S_{\text{во}} = 8,19 \text{ дм}^2$

Площадь форкиля, фальшкиля и т.п. $S_{\text{фф}} = 3,19 \text{ дм}^2$

Максимальная хорда ВО $b_{\text{max во}} = 226 \text{ мм.}$

Минимальная хорда ВО $b_{\text{min во}} = 164 \text{ мм.}$

Высота ВО $L_{\text{во}} = 260 \text{ мм.}$

Площадь руля направления (РН) $S_{\text{рн}} = 1,68 \text{ дм}^2$

Максимальная хорда РН $b_{\text{max рн}} = 90 \text{ мм.}$

Минимальная хорда РН $b_{\text{min рн}} = 50 \text{ мм.}$

Высота РН $L_{\text{рн}} = 240 \text{ мм.}$

В результате выполненных расчетно-графических работ по проектированию летательного аппарата «Горизонт», определены его геометрические параметры, произведен выбор типа и параметров силовой установки, произведен аэродинамический расчет и определены летно-технические характеристики аппарата, характеристики устойчивости, управляемости – получен материал для выполнения графической части эскизного проекта в объеме технического проекта.

**Малоразмерный летательный аппарат народно-хозяйственного применения
«Горизонт»**

a



б

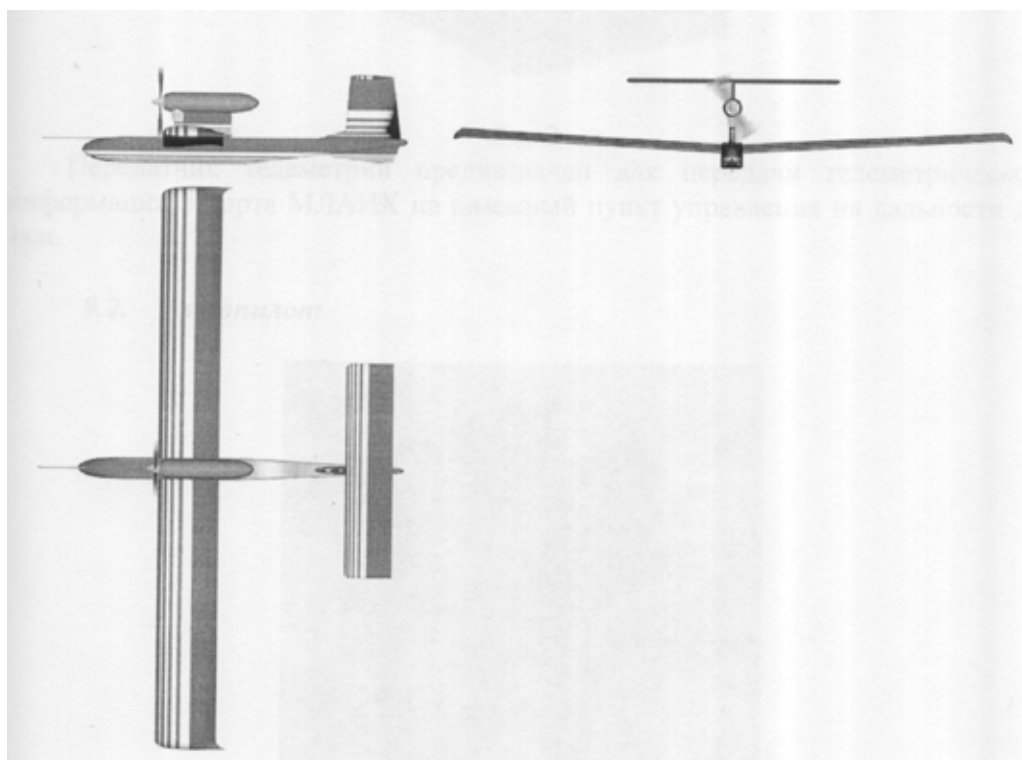


Рис. 6

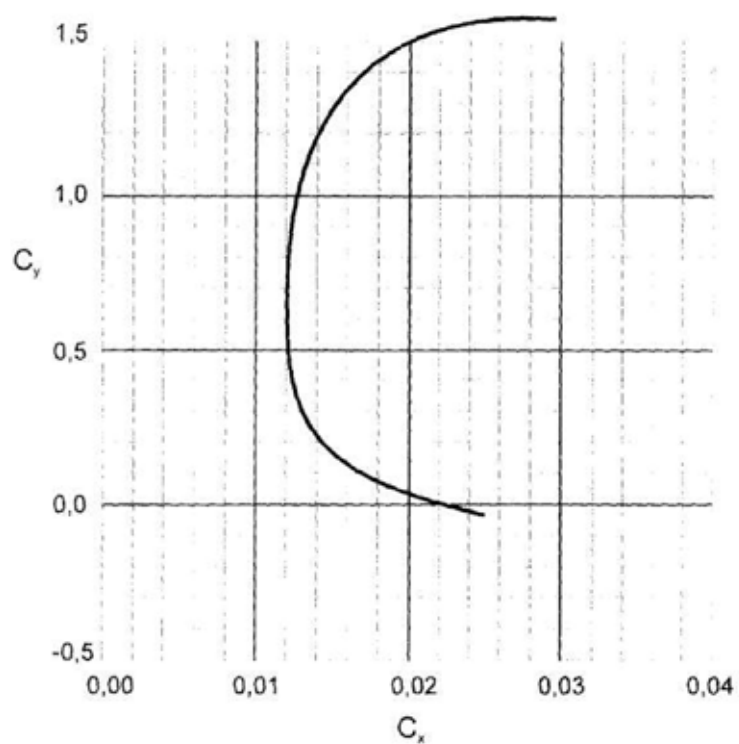


Рис. 7. Поляра профиля Wortmann FX 63–137

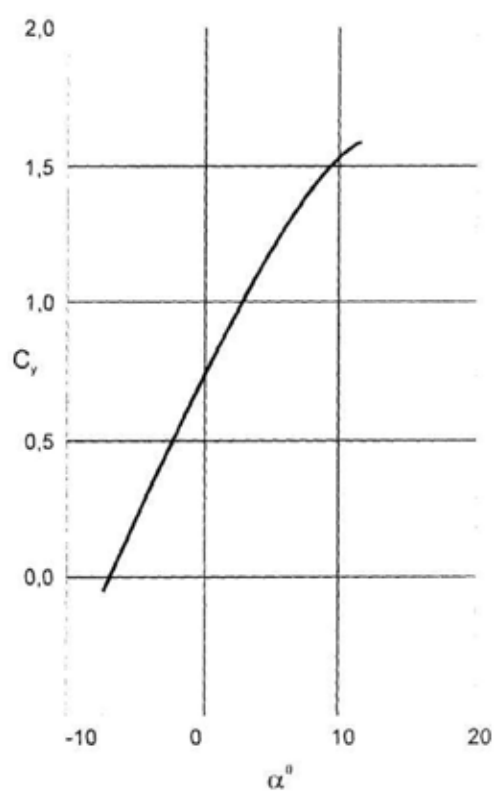


Рис. 8. Зависимость C_y от α

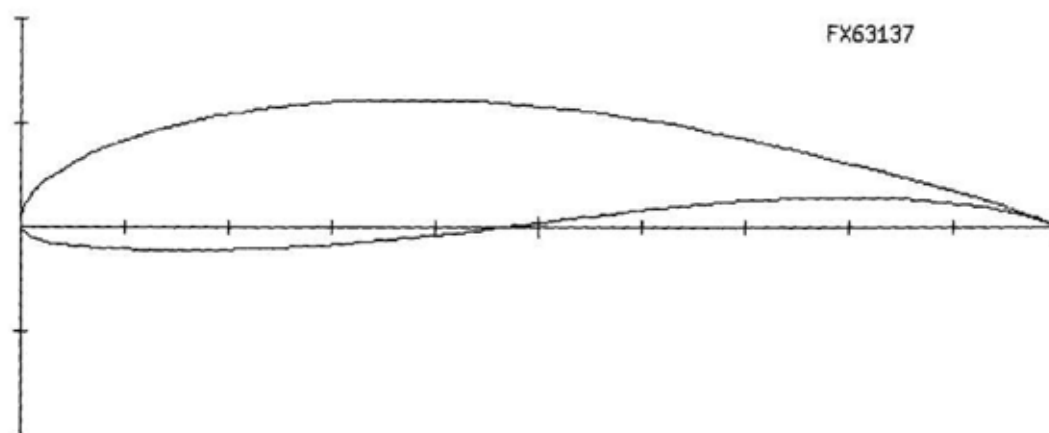


Рис. 9. Профиль Wortmann FX 63–137

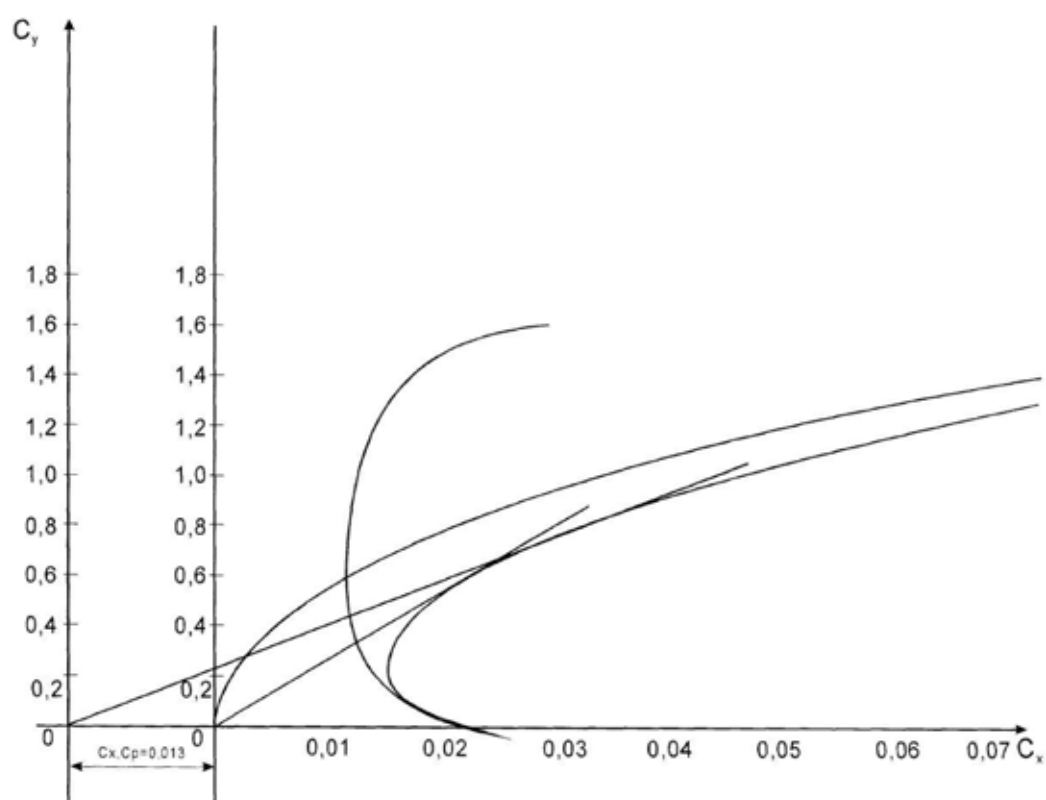


Рис. 10. Поляра проектируемого аппарата

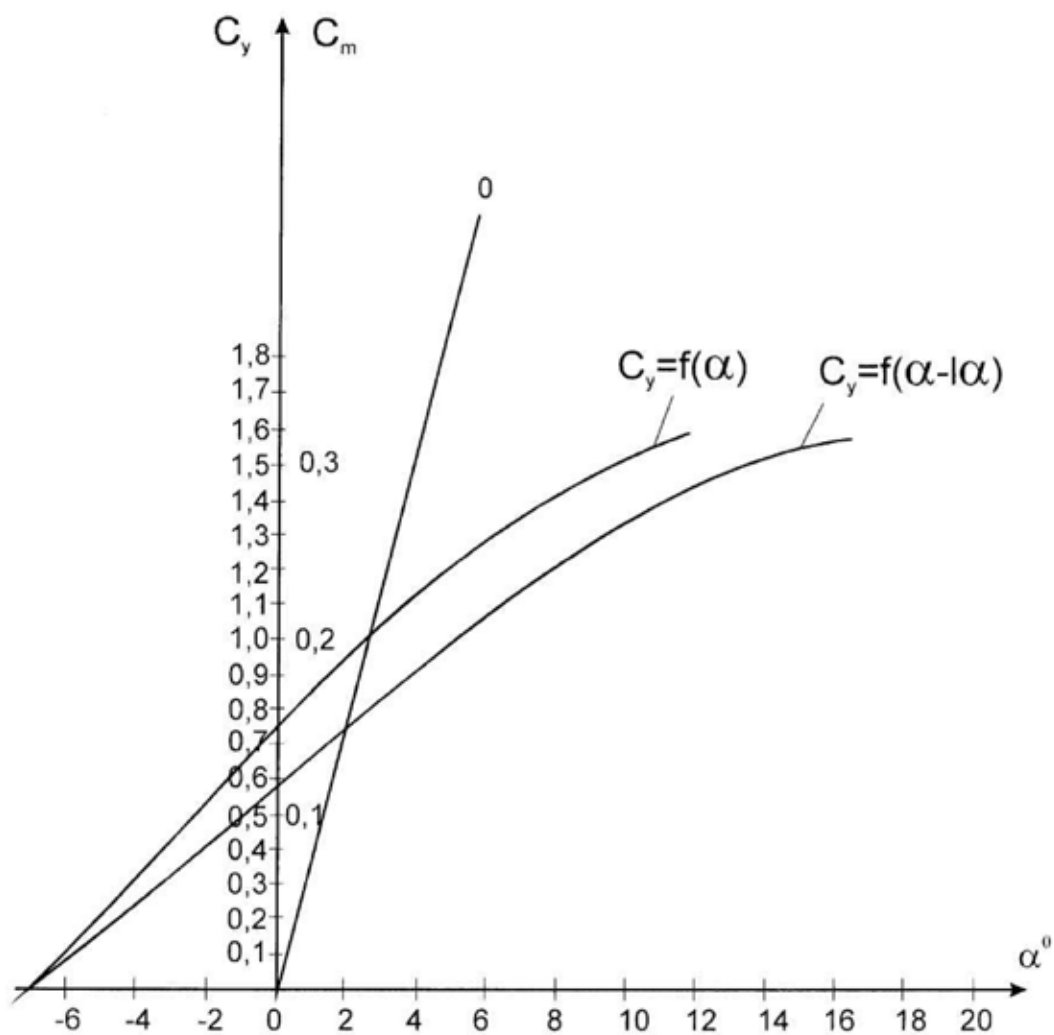


Рис. 11. График зависимости $C_y = f(\alpha)$

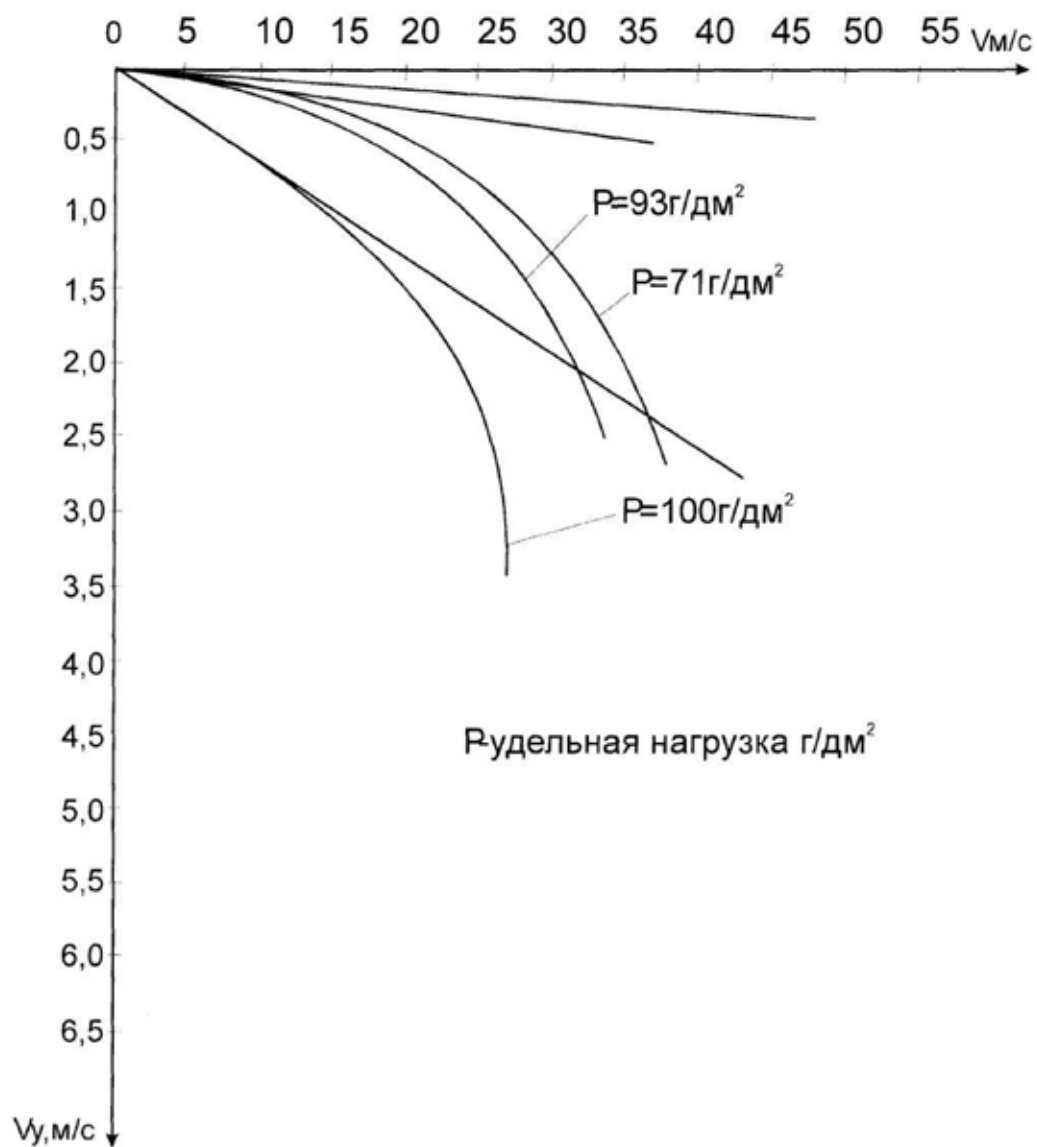


Рис. 12. Скоростная поляра в режиме планирования

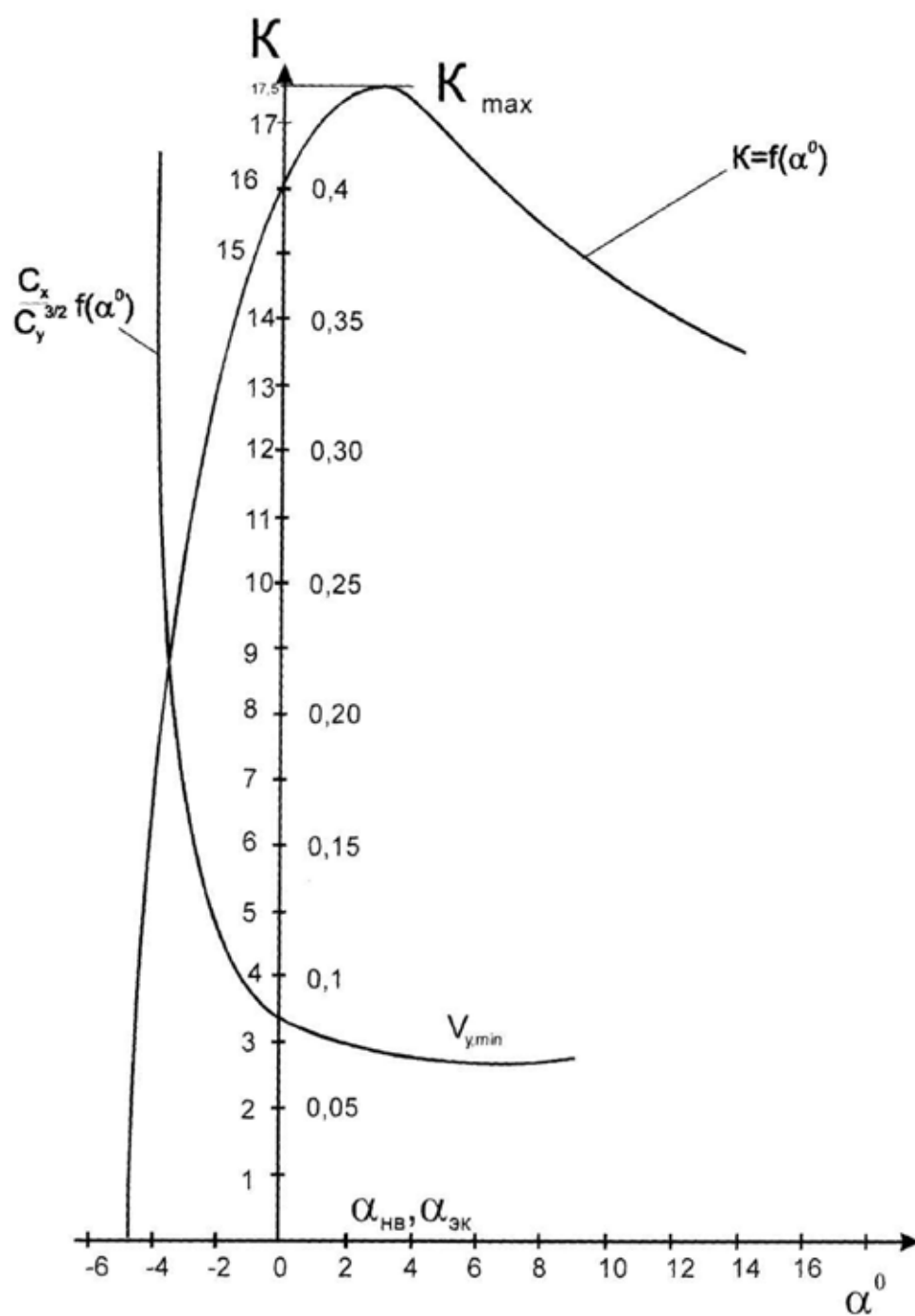


Рис. 13. График зависимости $\frac{C_x}{C_y^{3/2}}$

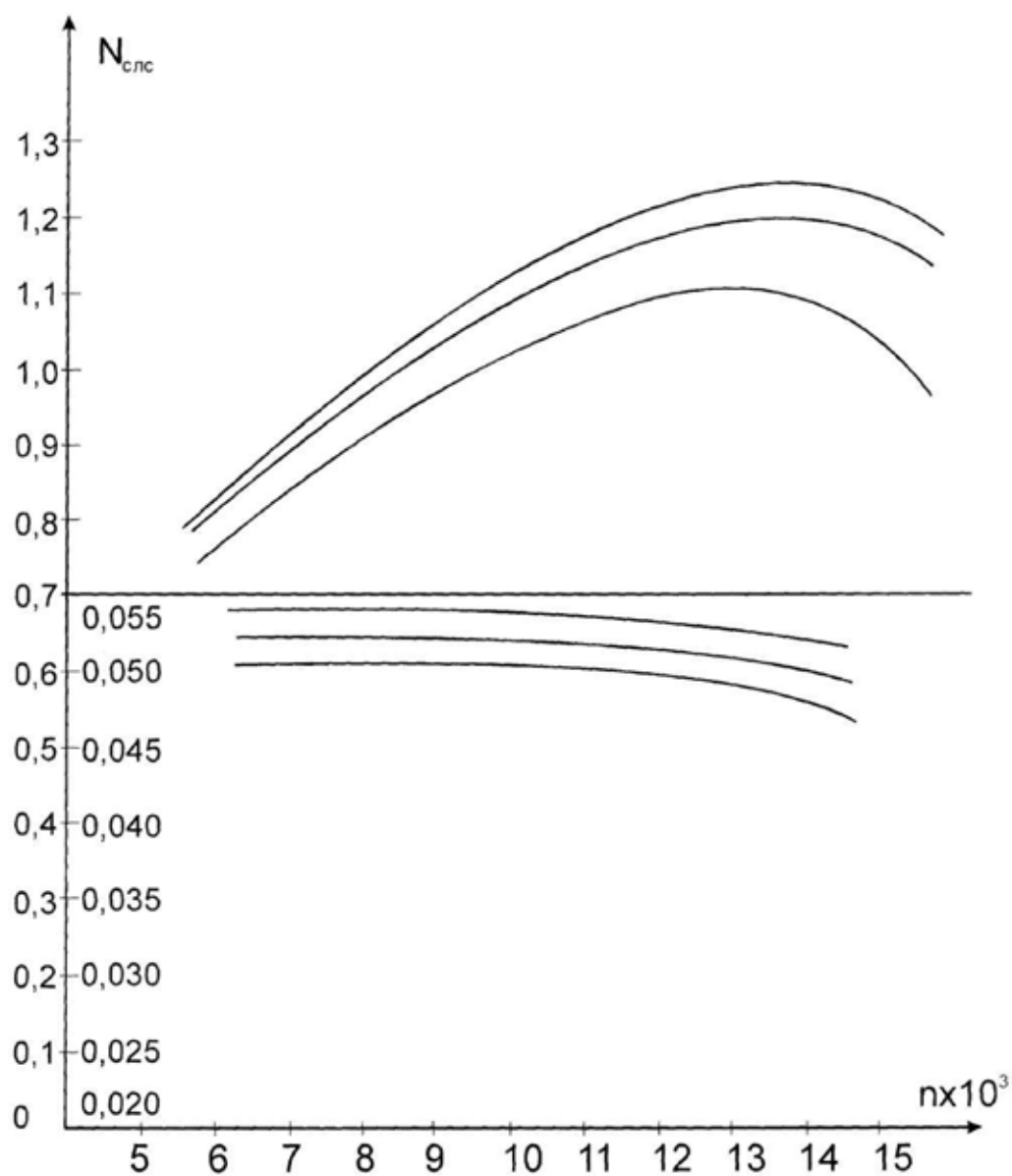


Рис. 14. Внешняя характеристика двигателя «Радуга-10ру»

График зависимости коэффициента момента $m_z=f(C_y)$.

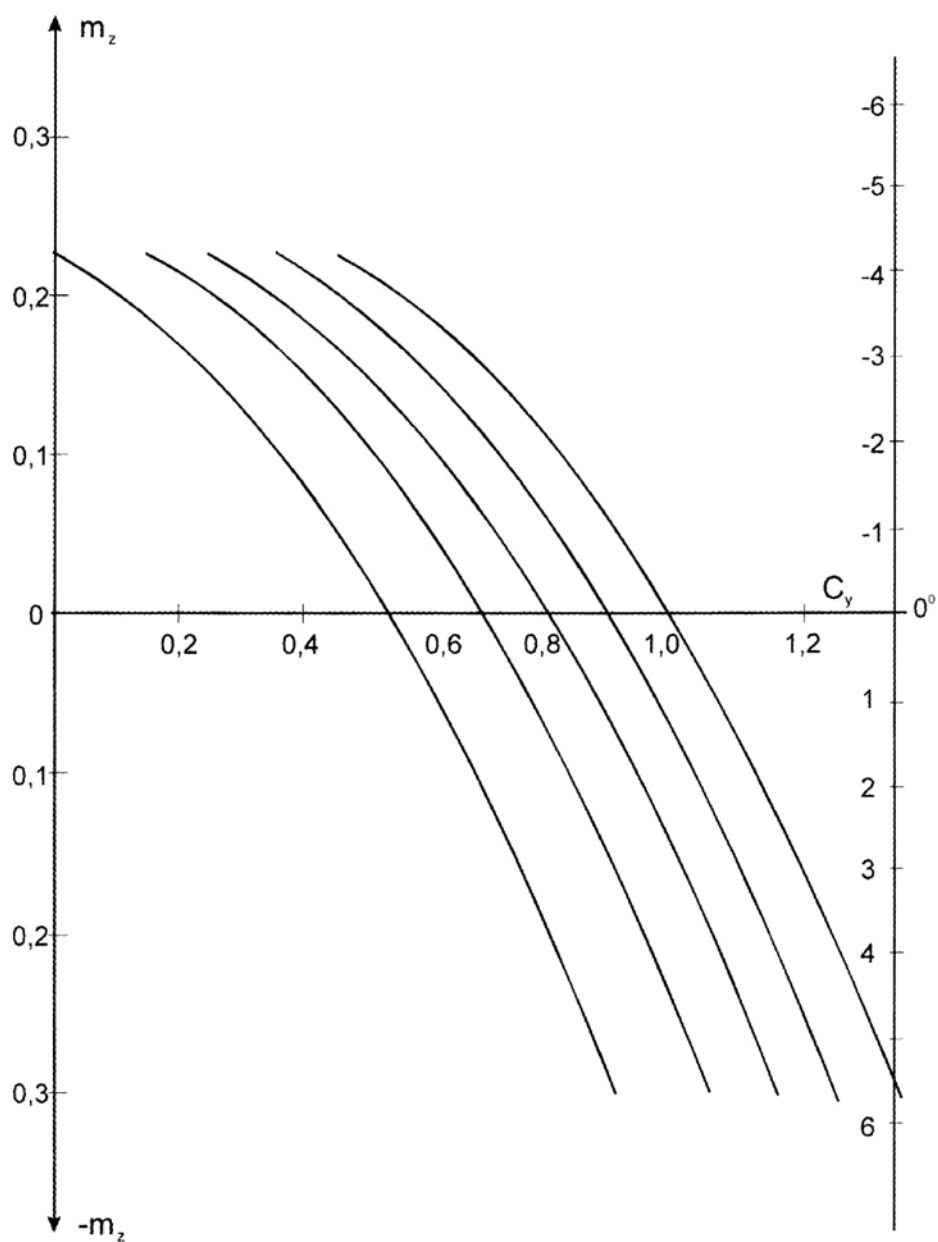


Рис. 15. График зависимости $m_{z_{\text{крыла}}}f(C_y)$, $m_{z_{\text{оперен}}}f(C_y)$, $m_{z_{\text{аппарата}}}f(C_y)$

Центровка аппарата

№ п/п	Наименование агрегата, груза	G, кг	X, м	G _x	Y, м	G _y
1	Крыло	1,28	0,48	0,61	0,06	0,077
2	Фюзеляж	1,4	0,61	0,85	0	0
3	Оперение	0,38	1,31	0,5	0,15	0,057
4	Силовая установка и оборудование системы радиуправления	1,24	0,58	0,72	0,22	0,27
5	Энергоисточники	0,2	0,52	0,1	0,02	0,004
6	Целевая нагрузка	2,0	0,2	0,4	0	0
Σ		6,5	ΣG _x = 3,18	ΣG _y = 0,838		

$$X_0 = \frac{\sum G_x}{G_a} = \frac{3,18}{6,5} = 0,49 \text{ м}; \quad Y_0 = \frac{\sum G_y}{G_a} = \frac{0,838}{6,5} = 0,129 \text{ м}.$$

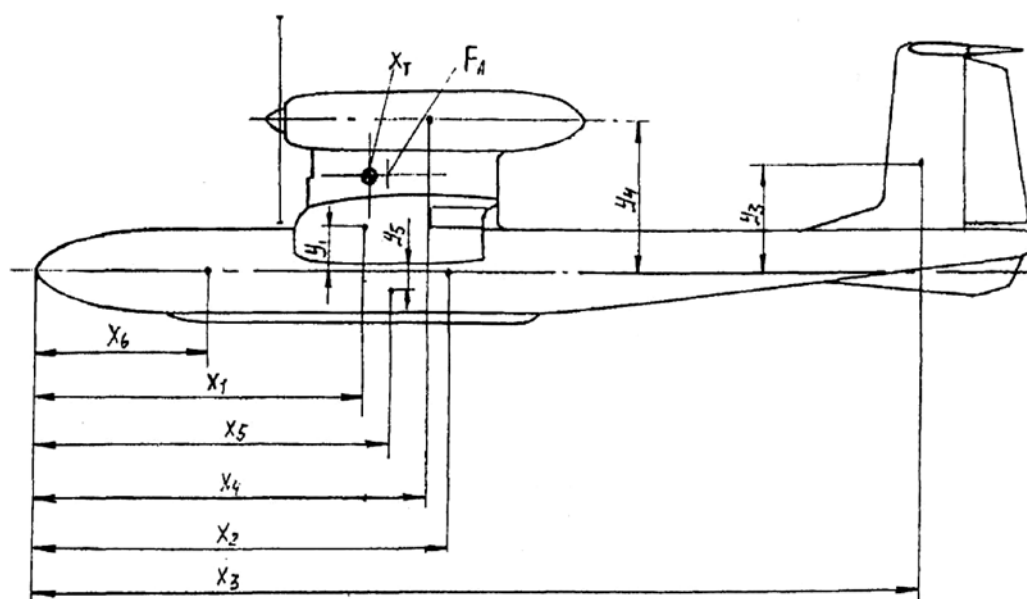


Рис. 16. Схема определения центра тяжести

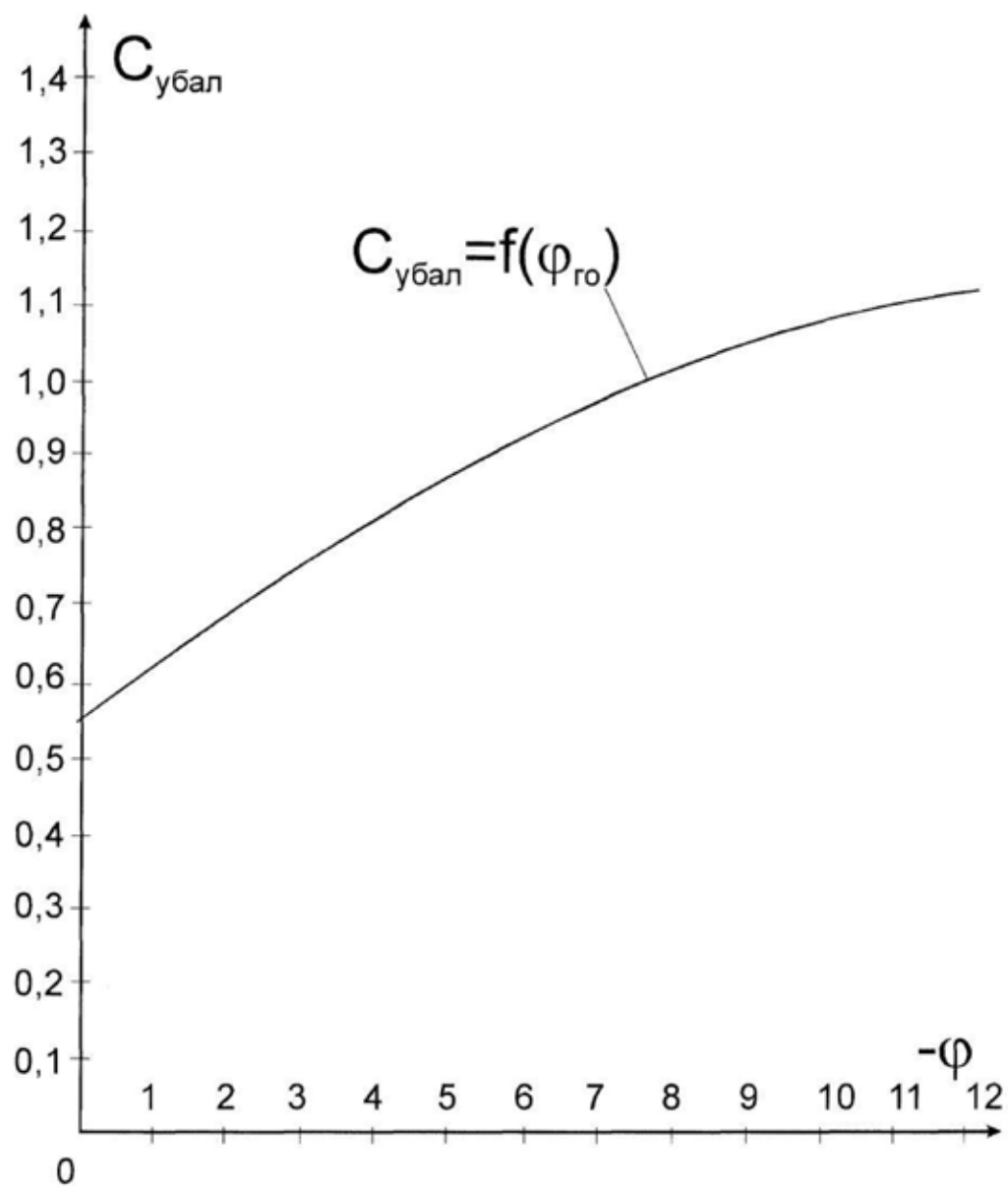


Рис. 17. График зависимости $C_{y\text{баланс}} = f(\varphi_{\text{з.о.}})$

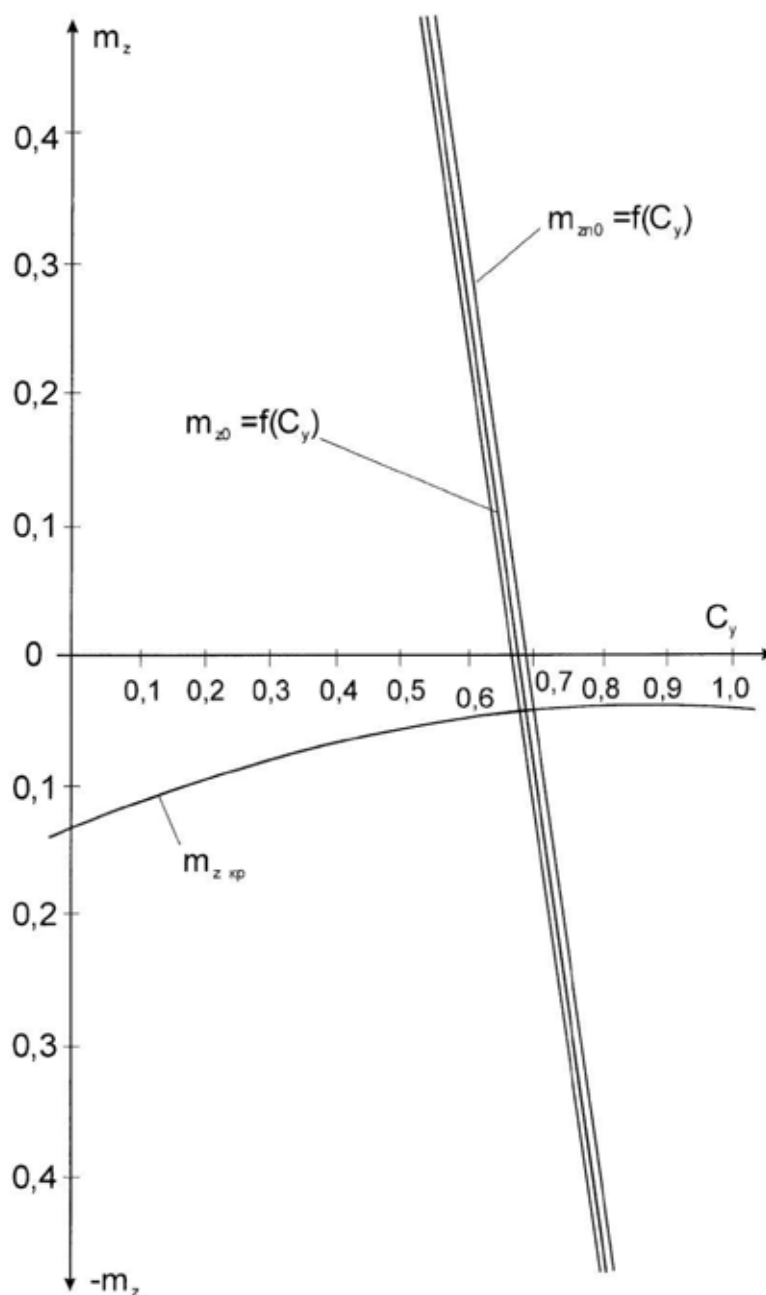


Рис. 18

Список литературы

1. Чумак П.И., Кривокрысенко В.Ф. Расчет, проектирование и постройка сверхлегких самолетов. – М.: Патриот, 1991.
2. Арепьев А. Выбор параметров // Крылья Родины. – 1989. – №4.
3. Мерзликин В.Е. Радиоуправляемые модели планеров – М.: ДОСААФ, 1982.
4. Вилле Р. Постройка летающих моделей-копий. – М.: ДОСААФ, 1986.
5. Болонкин А.А. Теория полета летающих моделей. – М.: ДОСААФ, 1962.
6. Миклашевский Г.В. Летающие модели – М.: Оборонгиз, 1946.
7. Гаевский О.К. Летающие модели планеров. – М.: ДОСААФ, 1955.
8. Гаевский О.К. Авиамоделирование. – М.: ДОСААФ, 1964г., 1990г.
9. Егер С.М., Шаталов И.А. Введение в специальность «Инженер-механик по Самолетостроению». – М.: МАИ им. С. Орджоникидзе, 1983.
10. Воронков Ю. С., Воронков О.Ю. Первый в Таганроге. Малоразмерный летательный аппарат народно-хозяйственного применения МЛАНХ – 2000 // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №11. – С. 27–34.

УДК 532.542

КРАТКИЙ ОБЗОР ДОСТИЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСРЕДНЁННЫХ СКОРОСТЕЙ В КАНОНИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЯХ ЖИДКОСТИ

Высоцкий Л.И.

*ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина»,
Саратов, e-mail: vysotli@yandex.ru.*

В статье приведён краткий обзор истории развития подходов к решению задачи о распределении осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости, к которым принято относить течения в круглых трубах, плоских равномерных потоках и пограничных на плоских пластинах при нулевом градиенте давления. Обзор содержит критический анализ предложений многих отечественных и зарубежных исследователей, в том числе и новейшие результаты.

Ключевые слова: турбулентность, продольно – однородные течения, число Рейнольдса, относительная эквивалентная шероховатость, осреднённая скорость

A BRIEF OVERVIEW OF PROGRESS IN SOLVING THE PROBLEM OF THE DISTRIBUTION OF MEAN VELOCITIES IN CANONICAL FLOWS

Vysotsky L.I.

Saratov State technical University n.a. Y.A. Gagarin, Saratov, e-mail: vysotli@yandex.ru.

The article provides a brief overview of the historical development of approaches to solving the problem of distribution of averaged velocities in a simple canonical flows, which considered the flow in round tubes, flat uniform flows and pogransloyakh on a flat plate with zero pressure gradient. The review contains a critical analysis of proposals, many domestic and foreign researchers, including the newest results.

Keywords: turbulence, longitudinally uniform flow, Reynolds number, relative roughness equivalent to the averaged velocity

Трудно назвать раздел гидравлики, в котором так же тщательно теоретически и экспериментально изучались турбулентные течения жидкости учеными самых различных стран и широкого спектра их ранга (от выдающихся теоретиков и экспериментаторов до аспирантов) и специализации (гидромеханики, физики, химии, почвоведы и т.д.).

Теория турбулентных течений жидкости крайне сложна. Непрерывные попытки преодолеть комплексный барьер из самых неожиданных трудностей при их изучении, предпринимаемые во всем мире, обозначаются некоторыми подвижками, к сожалению, развивающимися достаточно медленно. К еще большему сожалению можно отнести тот факт, что анализ даже самых простейших из практически значимых случаев турбулентных течений жидкости, например, расчёт распределения осреднённых скоростей в продольно – однородных течениях, до последнего времени не был доведен до необходимых кондиций. Эта проблема, с одной стороны, чрезвычайно важна в практическом отношении из-за широкой распространенности и использования во многих отраслях техники. С другой стороны, указанные течения часто используются в качестве своеобразного оселка для быстрой проверки и разработки новых научных идей, их уточнения и оттачивания до совершенства. Предполагается, что с ис-

пользованием любопытных гипотез решение рассматриваемой задачи получило надёжную реализацию, что также включено в обзор.

1. У истоков возникновения проблемы распределения осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости

Как правило, исследователи, изучая закономерности потерь на трение в каналах и трубах, пытались, насколько это было возможным, решить и вторую, более сложную, задачу о распределении осреднённых скоростей в тех же потоках.

Исследования распределения скоростей в каналах производились намного раньше, чем в трубах. Первоначально с этой целью использовались простейшие измерительные средства, – поплавки. Но уже в 1732 г. Пито предложил изобретённую им трубку (трубку Пито) Парижской академии, а в 1790 г. В. Вольтман [28] описал гидрометрическую вертушку. Эти гидрометрические средства в усовершенствованном виде применяются до сих пор. В начальный период обработки экспериментальных данных было предложено значительное число ошибочных представлений о распределении осреднённых скоростей, были, в частности, предложены почти линейные, параболические с вертикальной и горизонтальной осью, эллиптиче-

ские и т.п. эпюры их распределения. Лишь Пито с помощью поверхностных и глубинных поплавков доказал, что максимальная скорость на вертикали находится несколько ниже свободной поверхности, а затем скорости уменьшаются ко дну. Описание этих работ можно найти в [28].

Пожалуй, наибольшие достижения были получены Х. Дарси, начавшем исследования в 1855 г. [42]. После его смерти с 1858 по 1860 гг. его исследования продолжил Х. Базен [36], который до того был сотрудником Х. Дарси. Х. Дарси усовершенствовал трубку Пито и по результатам измерения с её помощью скоростей построил кривые, соединяющие точки с одинаковыми скоростями в живом сечении, – изотахи.

Этот прием наглядно показал значительное влияние боковых стенок на уменьшение скорости, которое сокращается по мере удаления от них. Базен установил, что если ширина потока более чем в пять раз превышает его глубину, то распределение скоростей по глубине на осевой вертикали, практически, совпадает с распределением скоростей в бесконечно широком прямоугольном канале. Заметим, что этот критерий в несколько уточненном виде используется до сих пор при измерениях в плоских потоках. Формулы Дарси и Базена имеют вид:

$$u = u_{\max} - 5,08u_* \left(1 - \frac{z}{z_0}\right)^{3/2} \quad \text{– Х. Дарси;}$$

$$\frac{u_{\max} - u}{\sqrt{H \cdot i_0}} = 20 \left(\frac{z}{H}\right)^2 \quad \text{– Х. Базена,}$$

где H – глубина потока; z – расстояние от дна по вертикали; i_0 – уклон дна.

Х. Базен проводил опыты в лотках шириной 2 м и длиной в несколько десятков метров на открытом воздухе, в том числе и в ветреную погоду при различном направлении ветра, причем скорость ветра намного превышала скорость воды. Он пришел к выводу, что влияние трения о воздух ничтожно мало.

И. Ясмунд [28] впервые, используя метод аппроксимаций, получил логарифмический закон распределения скоростей по вертикали.

Постепенно накапливались данные о пульсационных скоростях. С помощью измерений вертушкой Вольтмана было установлено, что пульсации имеют наименьшее значение у свободной поверхности и увеличиваются на вертикали ко дну, а по ширине – от фарватера к берегу.

Исследований распределения осреднённых скоростей в трубах также выполнено

значительное количество. Сводка предлагавшихся эмпирических формул содержится в [12]. Рассмотрим лишь некоторые из полученных результатов.

Экспериментальные изучения распределения скоростей в трубах (из-за их сложности) начались позже, как уже отмечалось, чем в каналах. Сначала для труб малых диаметров (волосных трубочек) был получен теоретический закон распределения скоростей Пуазейля. В начальных опытах Базен установил, что скорость имеет максимум на оси трубы, но распределяется не по квадратичной, а по кубической параболе. Затем он этот закон заменил «квадратом эллипса». Из этой зависимости следовало, что [28]

$$u_m - V \approx 9\sqrt{RJ}, \quad (1.1)$$

а радиус, на котором скорости равны средней скорости

$$r_v = 0,37r_0. \quad (1.2)$$

Соотношение средней и максимальной скоростей оказалось равным

$$\frac{V}{u_m} = 0,856. \quad (1.3)$$

Затем Христен [28] получил эпюру скоростей в виде параболы восьмой степени, ветви которой, выходя из противоположных точек на стенке, встречались на оси под некоторым углом, что являлось недостатком формулы.

Было установлено также, что сужение потока приводит к выравниванию распределения скоростей. Так, при истечении из конической насадки Фримен [28] определил, что

$$\frac{V}{u_m} = 0,97. \quad (1.4)$$

Вероятно, что Б. Сен-Венан был первым, кто заметил, что движение воды в широких трубах и руслах невозможно объяснить, если не предположить, что «вода образует в них вихри и именно тем более сильные, чем больше поперечное сечение потока» [28].

Далее, Т. Карман [28] для гладких стенок определил, что соотношение в трубах средней и максимальной скоростей составляет

$$\frac{V}{u_m} = 0,816. \quad (1.5)$$

Это утверждение оказалось ошибочным.

Проблемой гидравлических сопротивлений трубопроводов исследователи занимались более 250 лет. В [41], например, упоминаются опыты Купле, выполненные еще в 1732 г.

Х. Дарси предложил в 1858 г. формулу для «избытка» скорости

$$\frac{u_i - u}{u_*} = 5,10 \left(1 - \frac{y}{r} \right)^{3/2}.$$

Х. Базен [36], в своих опытах установил, фактически, независимость закона распределения скоростей по сечению трубы от причин, обуславливающих касательное напряжение, выразив этот постулат формулой

$$\frac{u_{\max} - u}{u_*} = \alpha \cdot f \left(\frac{y}{r_0} \right), \quad (1.6)$$

где $u_{\max}$ – скорость на оси трубы; u – скорость в текущей точке; r_0 – радиус трубы; y – расстояние от стенки; u_* – динамическая скорость; α – постоянный коэффициент.

По-видимому, этот вывод Х. Базена послужил толчком к получению «универсальных» формул для распределения осреднённых скоростей.

2. Начальная стадия разработки основ для расчёта распределения осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости

Надежда на возможность разрешения этой проблемы появилась после получения в 1895 г. О. Рейнольдсом осредненных уравнений турбулентного движения, хотя к тому времени уже имелись соответствующие эмпирические формулы для расчета распределения осредненных скоростей, – парабола М. Базена, парабола Х. Дарси (они дают серьёзные расхождения в области, прилегающей к твердым границам). Но еще ранее Ж. Буссинеск (1877 г.) предложил выразить касательные турбулентные напряжения $-r u_i u_j$ через коэффициент турбулентной вязкости ν_T в виде соотношения, постулированного

И. Ньютоном для ламинарных течений, то есть в виде (1.7):

$$-r u_i u_j = \nu_T \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j}, \quad (2.1)$$

где $-u_i$ и u_j пульсационные компоненты скорости; $\bar{u}_i$ – компоненты осредненных скоростей; x_j – координатное направление.

Сам Ж. Буссинеск понимал, что ν_T не является физическим свойством жидкости, а представляет собой некий коэффициент незнания, функцию координат, отображающую особенности турбулентного течения жидкости в данной области (при неустановившемся течении она зависит и от време-

ни). Значение ν_T определяется исключительно экспериментальным путем с помощью выражения (2.1), для чего необходимо уметь измерять вторые одноточечные моменты $u_i u_j$ и u_i .

Практически все авторы исходят из признания для продольно однородных потоков модели, предложенной Ж. Буссинеском [39], связывающей турбулентные напряжения Рейнольдса с градиентом осредненных скоростей подобно закону Ньютона для ламинарных течений, путем введения виртуальной турбулентной вязкости.

Попытки распространить предложение Ж. Буссинеска на более сложные виды течения приводили последовательно к повышению требований к ν_T , которое в разных случаях должно быть либо скалярной, либо векторной функцией, либо тензором четвертого ранга [21]. Этих случаев в дальнейшем не касаемся. Отметим, что при установившемся продольно – однородном турбулентном течении ν_T представляет собой функцию лишь одной (поперечной) координаты, однозначно связанной с $-u_i u_j$:

$$\nu_T = \nu_T(z) = - \frac{\overline{u_x u_z}}{du_x/dz}, \quad (2.2)$$

где x – продольная, а z – поперечная координаты.

Предложение Ж. Буссинеска представляется наиболее удачным (по крайней мере, для последнего случая) по сравнению с другими возможными тем, что позволяет объединить ламинарные τ_l и турбулентные τ_T касательные напряжения одним выражением:

$$\frac{\tau_l}{\rho} + \frac{\tau_T}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} = (v + \nu_T) \frac{d\bar{u}}{dz} = u_*^2 \left(1 - \frac{z}{L} \right), \quad (2.3)$$

где u_* – динамическая скорость; L – либо r_0 (радиус трубы), либо H (глубина плоского потока), либо δ – толщина пограничного слоя.

Из уравнения (2.3) получается простое дифференциальное уравнение первого порядка для определения осредненной скорости:

$$\frac{d\bar{u}}{dz} = \frac{u_*^2}{(v + \nu_T)} \left(1 - \frac{z}{L} \right). \quad (2.4)$$

Решение уравнения (2.4) записывается в интегральной форме:

$$\bar{u}(z) = u_*^2 \int_0^z \frac{\left(1 - \frac{z}{L} \right)}{v + \nu_T(z)} dz. \quad (2.5)$$

Для реализации зависимости (2.5) требуется знать $v_T = v_T(z)$.

Имеются многочисленные попытки решения указанной задачи на базе уравнений Рейнольдса, которые, к сожалению, оказываются незамкнутыми. Сами же попытки сводились к формулированию неких гипотез, созданию моделей строения турбулентного потока, использованию для замыкания исходных уравнений экспериментальных данных и сопоставлению получаемых решений с опытом. Некоторые модели дали мощный импульс развитию собственно теории турбулентности (Л. Прандтль, Дж. Тейлор, А.Н. Колмогоров и многие другие). Однако впоследствии введенные на начальном этапе некоторые понятия оказались неправомерными и в настоящее время имеют лишь историческое значение. К ним можно отнести понятие о «ламинарном пристенном подслое», «длине пути смещения» и т.п. Опыты Х. Рейхардта [55], Д. Лауфера [51], А. Фейджа [46], Р. Фогельполя [59], В.Б. Гуссака [13] и других вполне доказательно их опровергают. В статье кратко излагаются основные этапы решения проблемы распределения осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости, к которым принято относить течения в круглых трубах, плоских равномерных потоках и пограничных на плоских пластинах при нулевом градиенте давления.

3. Развитие понятия о турбулентной вязкости

Ранее указывалось, что хотя турбулентное течение начали интенсивно исследовать после получения О. Рейнольдсом осреднённых по времени (кстати, в его работе рассматривались и другие методы осреднения) уравнений движения турбулентных потоков, но и до этого периода проводились многочисленные (большой частью неудачные) попытки проникнуть в тайну турбулентности. Более того, и до сих пор не существует законченного математического аппарата описания турбулентных течений. В этих условиях основную роль приходится отводить накоплению экспериментальных сведений о различных аспектах проявления турбулентности, а также применению методов теории подобия и размерностей к анализу простейших случаев турбулентных течений.

Были сформулированы некоторые основополагающие понятия и определения. Весьма важным оказалось представление и истолкование Х.А. Лоренцем [52] понятия о кажущихся турбулентных напряжениях $-\rho \overline{u'_x u'_z}$, которые впоследствии были названы рейнольдсовыми. Было введено понятие

о динамическом и кинематическом турбулентных коэффициентах вязкости, которые также имеют смысл, отличный от физической вязкости. С помощью этого понятия, как указывалось, турбулентные касательные напряжения (или вторые одноточечные моменты) связывались с градиентами поля скоростей (3.1).

Согласно воззрению Ж. Буссинеска введенная им турбулентная (виртуальная) вязкость является скалярной величиной.

Практически все авторы исходят из признания для продольно однородных потоков модели, предложенной Ж. Буссинеском [39], связывающую турбулентные напряжения Рейнольдса с градиентом осредненных скоростей подобно закону Ньютона для ламинарных течений, путем введения виртуальной турбулентной вязкости.

В осесимметричных продольно-однородных потоках кинематический турбулентный коэффициент вязкости ν_T представляет собой функцию одного независимого переменного – расстояния от стенки z , то есть

$$\nu_T = \nu_T(z) \quad (3.1)$$

То же и в плоском продольно-однородном потоке.

В равной мере сказанное относится и к коэффициенту турбулентной теплопроводности.

В дальнейшем делались попытки обобщения понятия вихревой вязкости и представления её в виде скаляра

$$\nu_T = \nu_T(x_i, x_j); \quad (3.2)$$

$$\nu_T = \nu_T(x_i, x_j, x_k) \quad (3.3)$$

или в виде вектора $\vec{\nu}_T = \vec{\nu}_T(\vec{x})$.

Эти возможности проанализированы, например, в [22]. Оказалось, что наиболее подходящим способом выражения вязкости в общем случае является представление её в виде тензора четвертого ранга. Ясно, что это обстоятельство делает крайне сомнительным возможность её экспериментального определения.

В [31] указывается, что провозглашение Ж. Буссинеском аналогии между хаотическим движением вихрей и случайным движением молекул в разреженных газах весьма уязвимо. Её недостатком является полная обоснованность только для продольно-однородного турбулентного течения. Попытки критики применения буссинесковской вязкости при анализе продольно-однородного турбулентного течения не могут иметь никакого обоснования, так как связь второго одноточечного момента с градиентом осредненного течения имеет тождественный

характер. Единственным, но подавляющим преимуществом предложения Ж. Буссинеска является аналогия вводимых выражений соответствующим «вязким» членам в уравнениях Навье-Стокса, что способствует их объединению при последующем анализе.

На этот счет Г.И. Баренблатт высказывает безапелляционное мнение, «что для потока с поперечным сдвигом соотношение

$$-\overline{u'_x u'_z} = \nu_T \frac{d\bar{u}}{dz}$$

представляет собой простое преобразование и не несет в себе никакой дополнительной гипотезы» [5].

В.М. Маккавеев [19] полагал, что коэффициент турбулентной вязкости может в более сложных случаях течения жидкости проявляться как вектор. Однако в общих случаях течения жидкости, как показал О.Ф.Т. Робертс [51], ν_T имеет тензорную природу. В [21] показано, как упоминалось, что данный коэффициент в этом случае должен выражаться тензором четвертого ранга.

Выражение, предложенное Ж. Буссинеском, предпочтительнее иных лишь тем, что позволяет выразить суммарно касательные напряжения наиболее простым образом:

$$\tau = \tau_\varepsilon + \tau_T = (\nu + \nu_T) \frac{d\bar{u}}{dz}. \quad (3.4)$$

Однако, полученные, исходя из грубой модели, результаты потребуют внесения всё новых и новых экспериментальных поправок. Проиллюстрировать это обстоятельство можно на примере знаменитой формулы для распределения осредненных скоростей Л. Прандтля [53].

Во-первых, сразу же обнаружилось, что она не удовлетворяет условиям на стенке и оси потока. Потребовалось ввести надуманные понятия: «ламинарный пограничный слой» и «длина пути смешения». Этого оказалось недостаточно, и был введен еще целый ряд поправок Е. Ван Дристом [6], Р. Дейслером [43], Д. Коулзом [40], Д. Ротта [24], П. Жульеном [48] и др.

4. Развитие представлений о строении пристенного слоя

Первоначально Л. Прандтль [53] условно разделил турбулентный поток на основную часть – турбулентное ядро, и тонкий пограничный слой с ламинарным режимом течения толщиной $d_d = 11.6$ обоснованная гипотеза многократно подвергалась и экспериментальной проверке и критике и, в конечном счете, полному отторжению.

Затем К. Тейлор, исходя из необходимости повышения точности решения задач

теплообмена, ввел пограничный слой, разделенный на две зоны. Во внутреннем масштабе, за единицу длины в котором принято

соотношение $\frac{\nu}{u_*}$, границы этих зон определялись расстояниями от твердых стенок, равными $5 \frac{\nu}{u_*}$ и $30 \frac{\nu}{u_*}$, причем в каждой зоне задавался свой закон распределения скоростей.

К настоящему времени упомянутые и схожие с ними гипотезы достаточно устарели. Так, например, уже опыты А. Фейджа и Х. Тауненда [46], В.Б. Гуссака [13] и др. показали, что ламинарного пограничного слоя не существует, а турбулентные пульсации скорости и давления достигают твердой стенки. Предположение о существовании прилегающего к стенке подслоя, толщина которого постоянна, и течение в котором ламинарно, было быстро отброшено [68]. Введенная Л. Прандтлем «длина пути смешения» была, фактически, также отвергнута.

А. Фейдж и Х. Тауненд [46] проводили исследование турбулентного течения при помощи ультрамикроскопа и установили, что до расстояния 0,0006 мм от стенки сохраняется турбулентное движение частиц.

Выполненные В.Б. Гуссаком наблюдения с использованием микрокиносъемки позволили ему прийти к выводу о том, что «при турбулентном движении пограничный слой в противоположность мнению Прандтля не имеет ламинарного характера». Тем не менее, мнение о том, что «несмотря на непрерывно развивающуюся технику экспериментирования, еще очень мало известно об условиях течения вблизи стенки в турбулентном потоке» [4], остается справедливым до сих пор.

Не останавливаясь далее на критике понятия « ламинарный подслой», приведём приговор, вынесенный ему в [21] ещё в 1965 году: «Раньше вместо названия вязкий подслей часто употреблялось выражение ламинарный подслей, поскольку предполагалось, что движение в пределах этого подслоя является ламинарным. В дальнейшем, однако, непосредственные ультрамикроскопические наблюдения движения частиц, взвешенных в жидкости около стенки (Фейдж и Тауненд [46]) подкреплённые затем и данными тонких термоанемометрических измерений (Лауфер [51]), показали, что хотя профиль средней скорости внутри рассматриваемого подслоя и совпадает с профилем скорости безнапорного плоскопараллельного ламинарного течения, течение в нём всё же не является ламинарным, а сопровождается заметными турбулентными

пульсациями. Поэтому в настоящее время термин «ламинарный подслой» представляется мало удачным.

5. Развитие представлений о влиянии степени шероховатости русел

Ж. Грове [47] сумел доказать, что при увеличении шероховатости стенок соотношение $\frac{V}{u_m}$ уменьшается. Целый ряд

исследователей пришли затем к результату, что турбулентная вязкость на расстоянии $2/3 r_0$ от центра трубы остается постоянной, а затем резко падает по направлению к стенке. Р. Мизес ввел понятие «относительная шероховатость» $\frac{\Delta}{R}$; $\frac{\Delta}{d}$; $\frac{\Delta}{r_0}$.

Роль шероховатости стенки была наглядно доказана известными опытами И. Никурадзе, согласно их результатам установились понятия о «гидравлически гладких» поверхностях, вполне шероховатых поверхностях. Долгое время изучались зависимость коэффициента Дарси от числа Рейнольдса и относительной шероховатости, а также влияния шероховатости на распределение осредненных скоростей. На этот счет имеются различные точки зрения.

В.Н. Гончаров полагает, что «профиль скоростей плоского турбулентного потока» одинаков «для шероховатых, гладких, полугидравлически гладких стенок». Формула для распределения осредненных скоростей по сечению нормальному ко дну имеет по В.Н. Гончарову вид:

$$\frac{u}{V} = \frac{\lg \frac{16,7 \cdot y + \Delta}{\Delta}}{\lg \frac{6,15 \cdot H}{\Delta}}. \quad (5.1)$$

По этой формуле получается, что в любых зонах сопротивления распределение осредненных скоростей определяется единственным параметром, – высотой выступов шероховатости (при известном H). Однако общеизвестно решающее влияние числа Рейнольдса в гладкостенной зоне сопротивления на значение осредненных скоростей. Цитированный вывод В.Н. Гончарова представляется сомнительным.

Под большой шероховатостью при рассмотрении течений в трубах обычно понимают такую шероховатость, при которой коэффициент Дарси принимает значение $\lambda \geq 0,04$, что, примерно, имеет место при относительной шероховатости $\frac{\Delta}{r_0} \geq \frac{1}{30}$.

А. Фейдж и Х. Тауненд отмечают, что «на основании опытов в гладких круглых трубах известно, что распределение осредненных скоростей в радиальном направлении является параболическим вплоть до расстояния $0,8r_0$ считая от центра трубы» [46].

Этот закон принимается в виде

$$\frac{\bar{u}}{u_{\max}} = 1 - k \left(\frac{r}{r_0} \right)^2. \quad (5.2)$$

На основании работ Т. Стантона и И. ПANNELA в [58] приведены данные о значении k и соотношении v_r/v .

Х. Дарси предложил в 1858 г. формулу для «избытка» скорости

$$\frac{u_i - u}{u_*} = 5,10 \left(1 - \frac{y}{r} \right)^{3/2}.$$

Постепенно накапливающиеся сведения в обобщенном виде позволили установить:

1. Сопоставление опытов с латунной трубкой диаметром 28 мм (И. Никурадзе) и гладкой круглой трубой к турбине диаметром 1608 мм в Бильбао привели к понятию об относительной шероховатости.

2. На расстоянии $100 d$ от входа в трубу с острыми кромками надежно устанавливается развитое турбулентное течение. Вход с закрутлением уменьшает указанное расстояние.

3. Введенным понятием о тонком пограничном слое можно пренебречь при подсчете расхода из-за малости его влияния.

4. Режим течения в пограничном слое полагался ламинарным.

5. Л. Прандтль [28] и несколько ранее Т. Карман [28] подтвердили «закон $1/7$ », то есть параболическое распределение скоростей.

Перечисленные сведения были уже накоплены к 1925 г., то есть ко времени начала штурма основ теории турбулентности тремя выдающимися учеными Л. Прандтлем,

Т. Карманом и Дж. Тейлором, усилиями которых была разработана феноменологическая теория турбулентности, позволившая получить методы решения множества прикладных гидравлических (и не только) задач. Подробное описание этих работ можно найти у Г. Шлихтинга [32].

В 1935 г. Д. Тейлор выделил класс турбулентных течений, который он назвал изотропным. Для этих течений осредненные значения функций характеристик течения не зависят от поступательного перемещения, вращения и отражения осей отсчета. Доказав возможность получения точных соотношений между осредненными величинами с использованием полных уравнений Навье-Стокса и неразрывности, показав их

состоятельность в однородных турбулентных течениях за решеткой, он заложил основы рассмотрения турбулентности с помощью анализа динамики собственно пульсационного движения как альтернативу феноменологическим теориям, в которых рассматривается лишь влияние пульсационных движений на осредненное течение.

В дальнейшем наибольших успехов в этом направлении достигли А.Н. Колмогоров, А.М. Обухова и др.

По существующему представлению профиль осреднённой скорости в трубе продолжал делиться на две области: пристенную (или внутреннюю) и турбулентное ядро (или внешнюю). Во внутренней области только расстояние от стенки, касательное напряжение на стенке и свойства жидкости являются важными параметрами.

Из анализа размерности можно установить, что

$$\frac{u}{u_*} = u^+ = f\left(\frac{yu_*}{\nu}\right) = f(y^+), \quad (5.3)$$

где f – безразмерное функциональное соотношение.

Уравнение (5.3) есть упоминавшийся «закон стенки». Если f независимо от числа Рейнольдса, то в рассматриваемой области существует полное подобие.

Во второй области действие стенки замедляет скорость ниже максимальной путем, который не зависит от вязкости, но зависит от расстояния от стенки, радиуса трубы и масштаба скорости в этой области. Анализ размерности приводит в этой области к соотношению

$$\frac{u_m - \bar{u}}{u_o} = g\left(\frac{y}{r_0}\right). \quad (5.4)$$

Функциональное соотношение (5.4) называют «законом дефекта скорости». Если g не зависит от числа Рейнольдса, то в этой области существует полное подобие.

Между этими двумя областями могут существовать промежуточные или пересекающиеся области, где расстояние от стенки является большой, по сравнению с внутрен-

ним масштабом $\frac{\nu}{u_*}$, но малой по сравнению

с другим масштабом длины r_0 .

6. Основные этапы формирования подходов к получению формул для распределения осреднённых скоростей в канонических течениях

На начальном этапе формулы для распределения осреднённых скоростей в кано-

нических течениях получались в результате обработки экспериментальных данных. Некоторые из них будут приведены далее. Затем по мере развития и уточнения представлений о закономерностях турбулентных течений жидкости менялись и совершенствовались подходы к решению рассматриваемой проблемы. Первоначально анализировались случаи течения жидкости при гладких стенках, то есть без учёта наличия на них каких бы то не было шероховатостей. Затем естественным образом наступил черёд уделить внимание и этому феномену. Наибольшие успехи были получены для зоны квадратичного сопротивления при полном игнорировании влияния вязкости жидкости. Гораздо «меньше исследованы закономерности распределения скоростей в трубопроводах, работающих в переходной области между гладким и вполне шероховатым трением, то есть в большинстве практически важных случаев, и для описания профиля скоростей в этой области не было предложено каких-либо зависимостей. В связи с этим важная задача, стоящая перед исследователями, заключается в построении такой модели турбулентного потока, которая позволила бы получить зависимости для расчета и моделирования турбулентных течений в технических трубопроводах» [1]. На это были потрачены серьезные усилия многих и многих исследователей в попытке «доработать» удачную начальную модель строения турбулентного потока в трубе, приводящую к известному логарифмическому закону распределения осреднённых скоростей по ее сечению (который затем был распространен до оси трубы). Этот результат, как и результаты Т. Кармана [50] и Дж. Тейлора были несовершенными, они не удовлетворяли граничным условиям на гладкой стенке и оси потока и были совершенно непригодны для расчета распределения скоростей, пожалуй, в наиболее важной его части, – в непосредственной близости от стенки. Эти начальные модели пришлось исправлять путем введения соответствующих гипотетических предположений. К их числу относятся:

- введение понятия о ламинарном пограничном слое;
- о существовании вязкого подслоя;
- об изменчивости константы Кармана по сечению потока;
- о введении двух-, трех- и многослойных пограничных слоев;
- о введении разных зависимостей для «длины пути смешения»;
- введение демпфирующих поправок и т.п.

Исходя из законов подобия для внутренней области пограничного слоя была полу-

чена универсальная формула для распределения осреднённых скоростей, известная как «закон стенки». Во внешней области имеет место самосохраняющаяся форма профиля скорости, известная как «закон дефекта скорости».

В [30] показано, что можно определить функции $f(z^+)$ и $g(z^+)$ при соблюдении их непрерывности вместе с первыми производными. В итоге получается хорошо известный результат, – обе функции являются логарифмами и сводятся к виду

$$\bar{u}^+ = A \cdot \ln(z^+) + B,$$

где A и B – константы, величина которых определяется экспериментально.

Очевидно, что формула эта не может удовлетворить условиям ни на стенке, ни на оси потока, ни на границе внешней части пограничного слоя.

Обычным приемом устранения указанного недостатка на гладкой стенке является принятие вблизи нее на расстоянии $z^+ \leq 5$ линейного распределения осреднённых скоростей $\bar{u}^+ = z^+$. Отметим, что в [31] этот результат назван строгим.

Как правило, указанные попытки преследовали цель – наилучшим образом удовлетворить имеющимся наиболее обоснованным экспериментальным данным, как правило, полученным для гладких или шероховатых труб. Все они непригодны для использования при докватратичной зоне сопротивления. Для последнего случая наиболее известным является предложение А.Д. Альтшуля [4], получившего формулу, справедливую (по его утверждению) для распределения скоростей во всех зонах сопротивления. Но, как оказалось, и она не удовлетворяет граничным условиям.

7. Возможные подходы к решению задачи о распределении осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости

Осредненная скорость при продольно-однородном течении жидкости связана с кинематическим коэффициентом турбулентной вязкости простым соотношением (2.4).

Если бы $v_T = v_T(z)$, входящее в (2.4) было заранее известно, то определение осредненной скорости сводилось бы к решению уравнения (2.4), что само по себе не представляет никаких трудностей (по крайней мере, для получения численных результатов).

Перед исследователями, столкнувшимися с незнанием закономерности $v_T = v_T(z)$, встала дилемма – либо ждать, когда будет накоплено достаточное количество экспериментальных данных, обобщение которых

позволило бы аппроксимировать зависимость $v_T = v_T(z)$ во всем диапазоне изменения $0 \leq z \leq L$, – либо попытаться интуитивно уловить основные особенности этой закономерности, выразить ее аналитически, после чего путь к получению зависимости $\bar{u} = \bar{u}(z)$ будет открыт; $v_T = v_T(z)$ из формулы (5.4) не может привести к ошибочному решению задачи об отыскании $\bar{u}(z)$, так как оба выражения, то есть формула (2.4) для определения $\bar{u}(z)$ и формула (2.2) для экспериментального определения $v(z)$ представляют собой тождественные выражения.

Оказалось, что экспериментальное определение $v(z)$ представляет собой задачу исключительной сложности. Она, несмотря на интенсивное развитие измерительной техники, не решена до сих пор. В частности, пока еще нет надежных данных об изменении второго одноточечного момента $\bar{u}_x' \bar{u}_z'$ в пристенной зоне на расстояниях, меньших $3 \frac{v}{u_*}$.

Поскольку при отсутствии соответствующей измерительной техники невозможно получить $v_T(z)$ с помощью выражения (2.2), первоначально исследователям пришлось для получения формулы распределения осредненных скоростей идти первым из возможных двух путей.

Путь первый заключается в том, что с помощью неких правдоподобных рассуждений $v_T(z)$ задается в том или ином виде.

Например, Л.Д. Ландау [16], применив анализ размерностей, пришел к заключению, что должно быть

$$v_T(z) = \kappa u_* z, \quad (7.1)$$

где κ – константа, z – расстояние от стенки.

Л. Прандтль и Т. Тейлор ввели

$$v_T(z) = \kappa u_* \ell_{cm}, \quad (7.2)$$

где ℓ_{cm} – длина пути смешения.

В этом случае получают логарифмические эпюры распределения скоростей. Если задать $v_T(z)$ иначе, получатся другие формулы.

Полученные при задании эпюры $v_T(z)$ зависимости сравниваются с экспериментальными эпюрами осредненных скоростей. Обнаруженное расхождение неминуемо приходится «списывать» на несовершенство принятой формулы для $v_T(z)$ и искать выход во введении тех или иных поправок. Число таких поправок весьма велико, и оно все еще продолжает умножаться. Наиболее известны поправки Д. Коулза [40], Е.Р. Ван Дрифта [6], Д. Ротта [24], П. Жулье-

на [48] и многих других ученых. В результате постоянную Кармана предлагают считать изменяющейся в диапазоне от 0,3 до 0,6 и более. Есть предложения считать её не константой, а функцией z ; множество выражений предложено для задания $\ell_{cm}(z)$ и т.п.

К числу достижений феноменологических теорий следует отнести, в первую очередь, разработку моделей строения турбулентного потока.

К числу тех, кто отказался от понятия «ламинарный подслой» относится Х. Рейхардт [55], предположивший, что пульсации скорости проникают до твердой стенки. Он ввел при $y^+ < 6$ добавочное к ламинарному турбулентное напряжение τ_T зависимостью:

$$\tau_T = \tau_\lambda \cdot 2,7 \cdot 10^{-5} (y^+)^5, \quad (7.3)$$

при $y^+ = 6$ значение τ_T оказывается равным $\tau_T = 0,193 \tau_\lambda$.

Таким образом, по Х. Рейхардту, касательные турбулентные напряжения убывают в направлении стенки пропорционально y^5 , что не подтверждается современными измерениями, согласно которым убывание происходит пропорционально y^3 . Таким образом, есть основание анализировать понятия в настоящее время считать имеющими историческое значение.

Ту же задачу можно решить, следуя вторым путем.

Путь второй. Ясно, что если бы удалось найти зависимость, описывающую распределение v_T во всём диапазоне изменения z (от нуля до H), то в этом случае задача была бы решена аналитическим или численным простым интегрированием выражения в правой части исходного уравнения. Для достижения этой цели необходимо было создать высокоточные методы измерений скоростей и автоматизации обработки полученных данных. Примерно до расстояния в $5 \frac{v}{u_*}$ надежно измеряется и второй статистический момент. Следовательно, почти для всей толщи потока имеется основание для построения модели распределения $v_T(z)$ и решения задачи об эпюре осредненной скорости. Что для этой цели необходимо принять во внимание?

Во-первых, О. Рейнольдс [56] указал, что энергия турбулентности в уравнении баланса энергии турбулентности поддерживается за счет отбора её от осредненного течения, за что ответственны члены вида $-\overline{\rho u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$,

причем при $\frac{\partial u_i}{\partial x_j} > 0$ он объявил $(-\overline{\rho u_i u_j})$

положительно определённой функцией координат. Такое предложение сочеталось с представлением о турбулентности как о каскадном процессе дробления крупных вихрей на более мелкие, еще более мелкие и т.д., до мельчайших, в которых механическая энергия диссипирует. Из такого представления однозначно следует, что если записать выражение $-\overline{\rho u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j}$ в виде

$$-\overline{\rho u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = v_T \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right)^2, \quad (7.4)$$

то коэффициент турбулентной вязкости $v_T(z) > 0$. Другими словами, это означает существенную положительность $v_T(z)$ и необратимость процесса передачи механической энергии от осредненного к турбулентному движению.

Большинство исследователей до сих пор жестко придерживается этого мнения. Выполненный в [7, 8] квадрантный анализ значений второго одноточечного момента в четырех квадрантах показал, что значения $u'_x u'_z$ имеют перемежающийся характер, то есть во всей толще потока наблюдается проявление указанных моментов как положительных, так и отрицательных. Однако в турбулентном ядре преобладающим является фиксация $u'_x u'_z < 0$. Затем по мере приближения к пристенному слою влияния моментов $u'_x u'_z > 0$ увеличивается, а $u'_x u'_z$, оставаясь отрицательной величиной, уменьшается по абсолютной величине. Этот факт заставил А.С. Монию [21] заявить, что, так как имеющиеся данные измерений $u'_x u'_z$, вплоть до расстояний от стенки порядка $5 \frac{v}{u_*}$, показывают, что они неизменно отрицательны, то интуитивно можно предположить, что это положение будет справедливым до гладкой стенки, то есть, что они отрицательны всюду.

Тем не менее, данные [29] свидетельствуют о том, что на расстоянии $\approx 2 \frac{v}{u_*}$ от стенки моменты $u'_x u'_z$ становятся нулевыми. Это дает основание предположить, что в диапазоне расстояний от стенки $0 < \delta z < 2 \frac{v}{u_*}$ момент $u'_x u'_z$ может стать положительным, что означает, что в этой области

коэффициент турбулентной вязкости $\nu_T(\delta z)$ становится отрицательным.

8. Генерировании идей о распределении кинематического коэффициента турбулентной вязкости в канонических потоках

Наиболее простым результатом явилось получение Л.Д. Ландау [16] с помощью анализа размерностей выражения для ν_T в виде:

$$\nu_T = \kappa u_* y, \quad (8.1)$$

где y – расстояние до стенки.

Этот результат легко приводит к получению логарифмического закона распределения скоростей. Многие авторы пытались далее с помощью многочисленных экспериментальных исследований о распределении осредненных скоростей использовать полученные данные для определения ν_T из формулы

$$\nu_T = \frac{u_*^2 \left(1 - \frac{y}{L}\right)}{\frac{du}{dy}} - \nu. \quad (8.2)$$

Этот путь не мог привести к получению надежных данных из-за невозможности

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{1}{2\kappa\ell_T^+} \left(1 - \sqrt{1 + 4\ell_T^+}\right) + \kappa^{-1} \ln \left(2\ell_T^+ + \sqrt{1 + 4\ell_T^+}\right) + \delta_\ell^+, \quad (8.4)$$

где $\ell_T^+ = \frac{u_* \ell_T}{\nu}$; $\delta_\ell^+ = \frac{u_* \delta_\ell}{\nu}$.

Х. Рейхардт [55] принял, что

$$\frac{\nu_T}{\nu} = \kappa \left(y^+ - \delta_\ell^+ \right) \frac{y^+}{\delta_\ell^+}. \quad (8.5)$$

Окончательная формула для распределения $\bar{u}$ получена им в виде:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \kappa^{-1} \ln(1 + \kappa y^+) + c \left[1 - \exp\left(-\frac{y^+}{\delta_\ell^+}\right) - \frac{y^+}{\delta_\ell^+} \exp(-0,33 y^+) \right], \quad (8.6)$$

где c – численная константа.

Р.Г. Дайслер [44] принял, что

$$\frac{\nu_T}{\nu} = a \frac{\bar{u}}{u_*} y^+ \left[1 - \exp\left(-a \frac{\bar{u}}{u_*} y^+\right) \right], \quad (8.7)$$

где a – численная константа.

Распределение осредненных скоростей по Р.Г. Дайслеру находится численным интегрированием формулы (2.4) при учете (8.7).

Ван Дриест выражению для пути смещения l_T Л. Прандтля предложил придать видоизмененную форму

достаточно точного измерения скоростей на малых расстояниях от стенки и, в особенности, необходимости определения их градиентов, что сопряжено с колоссальными погрешностями. Этому приему сопутствовало формулирование гипотетических предположений о виде зависимости $\nu_T = \nu_T(y/L)$. Каждой из подобных гипотез соответствовала своя закономерность.

В качестве примера приведем несколько результатов.

Не будем останавливаться на классической «длине пути смещения ℓ », которую Л. Прандтль ввел вместо «расстояния до стенки y » по Л.Д. Ландау, и которую, в свою очередь, многие исследователи превратили в функцию $\ell = \ell(y)$. Многие из них придерживались мнения (по Л. Прандтлю), что на малом расстоянии d_ℓ от стенки режим движения является ламинарным.

Д. Ротта [24] предположил, что

$$\nu_T = \ell_r^2 \left| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right| \frac{\partial \bar{u}}{\partial y}, \quad (8.3)$$

где $\kappa(y - \delta_\ell)$; $y \geq \delta_\ell$; δ_ℓ – толщина ламинарного слоя.

Тогда формула для осредненной скорости принимает вид:

$$\ell_T = \kappa y^+ \left[1 - \exp\left(-\frac{y^+}{A}\right) \right], \quad (8.8)$$

что эквивалентно принятию v_T в виде

$$v_T = (\kappa y)^{+2} \left[1 - \exp\left(-\frac{y^+}{A}\right) \right]^2 \left| \frac{d\bar{u}}{dy} \right|. \quad (8.9)$$

Формула для расчета распределения осредненных скоростей тогда имеет вид

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = 2 \int_0^{y^+} \frac{dy^+}{1 + \left\{ 1 + 4\kappa^2 y^{+2} \left[1 - \exp\left(-\frac{y^+}{A}\right) \right]^2 \right\}^{1/2}}. \quad (8.10)$$

Д.Ж. Коулс [40] предложил ввести в формулу для распределения скоростей чисто эмпирическую поправочную функцию, подобно тому, как это сделал С.Б. Милликен при анализе течения в следе. Поэтому Д.Ж. Коулс назвал введенную функцию законом следа. С такой поправкой логарифмический закон распределения скоростей имеет вид:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{u_* y}{\nu} + B + \frac{\Pi}{\kappa} w(y), \quad (8.11)$$

где $\Pi = 0,55$, $B = 5,1$ и $\kappa = 0,4$ для пограничного слоя при нулевом градиенте давления.

И.О. Хинце [30] представил функцию $w(y)$ в виде:

$$w(y) = 1 + \sin \frac{(2y/r_0 - 1)\pi}{2}. \quad (8.12)$$

Б. Худимото предложил задавать касательное турбулентное напряжение τ_T в виде

$$\tau_T = \rho \left[\kappa (y - y_l) \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right]^2, \quad (8.13)$$

где y_l – толщина вязкого подслоя. При $y = y_l$ эпюра скорости имеет разрыв во второй производной с обеспечением плавного перехода от линейного закона к логарифмическому.

М.Д. Миллионщиков [20] предложил существование раздельного влияния на длину пути смещения и, следовательно, на коэффициент v_T расстояния от стенки и выступов шероховатости, причем подслоем толщиной y_1 может быть утоплен между выступами шероховатости

$$v_T = \kappa u_* (y + \Delta - 2y_1). \quad (8.14)$$

Для пограничных течений Ф.Х. Клаузер для внешней области предложил для v_T зависимости:

$$v = \sigma \delta \quad (\text{Клаузер} - 1),$$

$$v = \kappa_\infty \delta \quad (\text{Клаузер} - 2),$$

где σ – эмпирическая константа; δ – толщина пограничного слоя; U_∞ – скорость невозмущенного потока; δ^* – толщина вытеснения пограничного слоя. Для длины пути смещения Л. Прандтля принималось $\ell = \lambda \delta$, где $\lambda = 0,09$.

В модели Себеси – Смита [23] константа $\kappa = 0,0168$. Кроме того, на влияние малых чисел Рейнольдса была введена поправка в виде эмпирической зависимости:

$$\kappa = 0,0168 \cdot \frac{1,55}{1 + \Pi},$$

где

$$\Pi = 0,55 \left(1 - \exp\left(-0,243\sqrt{z_1} - 0,298z_1\right) \right),$$

где $z_1 = \frac{\text{Re}^{**}}{425} - 1$; $\text{Re}^{**} = \frac{U_\infty \delta^{**}}{\nu}$; δ^{**} – толщина потери импульса.

Перечень подобных подходов можно было бы продолжить. Они продолжают и по сей день (см., например [48]).

9. Развитие методов решения задачи о распределении осреднённых скоростей в плоских равномерных потоках

9.1. Развитие методов решения задачи о распределении осреднённых скоростей в плоских равномерных потоках

Ученик Х. Дарси Х. Базен получил формулу, именуемую «параболой Базена»:

$$\bar{u} = \bar{u}_{\max} - 20\sqrt{Hi_0} \left(\frac{H-z}{H} \right)^2. \quad (9.1)$$

Однако в придонной зоне эти формулы не приводят к удовлетворительным результатам.

К наличию параболического закона распределения скоростей в турбулентном потоке склонялись также А.А. Таунсенд [27], Ж. Конт-Белло [15] и др.

А.А. Таунсенд [27] отмечает, что «по-видимому, не имеется физических оснований верить в справедливость предположения о существовании виртуальной вязкости, постоянной внутри турбулентной жидкости, однако это предположение приводит к очень точным описаниям распределения осредненной скорости в автомоделных потоках и, несомненно, является весьма полезной гипотезой, которой и следует пользоваться».

9.2. Развитие методов решения задачи о распределении осреднённых скоростей в круглых трубах

Постепенно укоренилось мнение о таком строении продольно-однородного турбулентного потока:

– у стенки существует вязкий подслой с линейным распределением осреднённых скоростей, толщина которого варьируется около значения $5 \frac{\nu}{u_*}$;

– затем следует буферный слой с законом распределения скоростей, называемым «законом стенки», толщиной $5 < y^+ \leq 30$;

– в следующем слое закон распределения становится логарифмическим. и простирается до значений

$$\frac{y}{r_0} \leq 0,15;$$

– затем следует турбулентное ядро, в котором принято называть распределение скоростей законом «дефекта скорости» или «дефицита скорости»:

$$\frac{\bar{u}_m - u}{u_*} = f\left(\frac{y}{r_0}\right),$$

где за $f\left(\frac{y}{r_0}\right)$ также принимается логарифмический закон.

По мере возрастания требований к точности закономерностей, которым подчиняются распределения осреднённых скоростей для производства теплотехнических расчетов, анализа взвесенесущей способно-

сти турбулентных потоков, а также с получением новых экспериментальных данных с помощью новейшей измерительной техники, рядом ученых были внесены поправки к основной (логарифмической) формуле при соответствующих научных обоснованиях. В основном они касались вида формулы для прандтлевой длины пути смешения.

В дальнейшем гипотеза об универсальности закона распределения осреднённых скоростей стала подвергаться все большей критике. Появились высказывания в пользу того факта, что нельзя представить себе условную границу между зонами, в которых влияние на движение стенки и вязкость оказывают, а в которой такое влияние отсутствует полностью. Появилось представление о взаимоперекрывающихся зонах, понятие о неполном подобии, о влиянии числа Рейнольдса в некоторых специфических районах эпюры скоростей.

Первым, кто исследовал эту проблему, был Г.И. Баренблатт [5]. Результаты его работ [34, 35] были восприняты неоднозначно и названы Б. Кипра [60] «в высшей степени сомнительными».

Тем не менее, Г.И. Баренблатт [34, 35] при развитии теории неполной автомоделности предполагает наличие в окрестности пристеночной области слоя с постоянным турбулентным напряжением сдвига, что объясняется его малостью у стенки. При этом игнорируется тот факт, что стремление $\tau|_{z \rightarrow 0} \rightarrow 0$, очевидно, не означает, что и

$$\frac{d\tau}{dz}|_{z \rightarrow 0} \rightarrow 0.$$

Многими авторами отмечается, что степенная формула для распределения осреднённых скоростей в трубах ничуть не хуже логарифмической формулы, но обе они непригодны как вблизи стенок, так и в приосевой зоне.

Формулы степенного типа

$$u = u_i \left(\frac{z}{r} \right)^n \quad (9.2)$$

дают на стенке при $z = 0$ значение

$$\frac{du}{dz} = u_m \cdot \frac{n}{r^n} \cdot z^{n-1} \Big|_{z=0} = \infty, \quad (9.3)$$

то есть эти формулы вблизи твердой поверхности не имеют физического смысла. Следовательно, для анализа течений вблизи твердых стенок они непригодны, их можно

применять лишь при $\frac{z}{r_0} \geq 0,2$ [4].

9.3. Развитие методов решения задачи о распределении осреднённых скоростей в пограничных слоях

Исследования распределения осреднённых скоростей в пограничном слое на плоской пластине при нулевом градиенте давления

Течение в пограничном слое на плоской пластине даже при нулевом градиенте давления не является продольно-однородным, так как его толщина δ непрерывно увеличивается в направлении течения (в направлении x) и, кроме того, возникает малая компонента скорости $\bar{u}_y$. Толщина пограничного слоя δ не может быть определена точно, ввиду её асимптотического поведения. Принято считать, что пограничный слой простирается от стенки до точки, где скорость отличается от скорости внешнего потока на некоторую долю последней (обычно её принимают равной 1 %).

По Тейлору в области погранслоя на пластине толщиной δ , где выполняется «закон стенок», можно выделить при нулевом градиенте давления зоны:

- ламинарный подслой $0 < y^+ \leq 4$;
- переходная зона $4 \leq y^+ \leq 30 \div 70$;
- турбулентная логарифмическая зона

$$y^+ \geq 30 \div 70, \frac{y}{\delta} \leq 0,15.$$

Кроме того, для внутренней области погранслоя константа Кармана может быть принята равной $k = 0,41$, а для внешней $k = 0,267$.

В настоящее время широкое распространение получила двухслойная схема строения пограничного слоя Прандтля – Клаузера [17], то есть признание за внутренней зону, содержащую вязкий подслой и логарифмический слой, и внешнюю зону, называемую областью «следа». Л.Г. Лойцянский [17] полагает, что большую роль во внешней области турбулентного пограничного слоя играют «внешние эффекты памяти», рассмотренные Бультьесом [17].

В [13] приведена краткая сводка формул для распределения осреднённых скоростей в погранслое при нулевом градиенте давления с указанием на невозможность описать этот закон единой формулой.

В случае шероховатых пластин с равнозернистой шероховатостью важную роль (как для труб – относительная шероховатость Δ/r_0) играет её аналог, отношение высоты выступа шероховатости к толщине пограничного слоя Δ/δ . Между этими понятиями, однако, имеется существенное различие: в то время как для трубы $\Delta/r_0 = \text{const}$, отношение Δ/δ по мере увеличения x уменьшается из-за постепенного увеличения тол-

щины пограничного слоя. Может случиться [32], что пластина недалеко от переднего носика может вести себя как вполне шероховатая, на некотором удалении от него, как в переходной области, а на большом расстоянии от носика (если пластина достаточно длинная), – как гладкая. Это резко различает турбулентные течения в трубе от обтекания пластины. Границы же между этими зонами, как и для труб, определяются значениями

$$\Delta^+ = \frac{\Delta \cdot u_*}{\nu}.$$

Более того, оказалось, что и для шероховатой пластины её сопротивление можно определить путем пересчета, аналогичного пересчету для гладкой пластины. Он был выполнен Л. Прандтлем и Г. Шлихтингом с использованием опытных данных И. Никурадзе для труб с песочной шероховатостью и логарифмического закона распределения скоростей [32].

Ф. Хама [49] предложил формулу для описания распределения осреднённых скоростей в области

$$\frac{y}{\delta} \geq 0,15.$$

Она имеет вид

$$\frac{u_\infty - \bar{u}}{u_*} = 9,6 \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^2. \quad (9.4)$$

10. Современные представления о возможности существования отрицательного значения кинематического коэффициента турбулентной вязкости

В настоящее время, пожалуй, наиболее распространенным мнением о возможности появления зон течения в турбулентном потоке, в которых существует отрицательная турбулентная вязкость, является полное их отрицание. Это означает, что в случае продольно однородного течения (в частности, в круглой трубе) не может существовать зон, в которых градиент скорости превышал бы его значение у стенки, то есть при увеличении y градиент осредненной скорости должен монотонно убывать. Ясно, что это связано со знаком осредненных вторых моментов $-\rho \overline{u'_x u'_z}$, которые принято считать всегда отрицательными. Этому есть ряд объяснений, не выдерживающих, на наш взгляд, строгой критики.

Подобного мнения придерживается, например, академик М.А. Великанов: «Как показывают и эксперимент, и теория, про-

изведение $\overline{u_i u_j}$ всегда отрицательно», что эквивалентно утверждению, что вихревая вязкость ν_T всегда положительна.

Г. Шлихтинг более осторожно отмечает, что «в целом положительные пульсации

«обычно» связаны с отрицательными пульсациями $\overline{u_i u_j}$, а отрицательные — с положительными $\overline{u_i u_j}$, и поэтому следует ожидать, что осредненное значение $\overline{u_x u_z}$ не равно нулю и притом имеет отрицательный знак» [32].

У Д.В. Штеренлихта находим: «Произведение $\overline{u_x u_z}$ (и других разноименных пульсационных составляющих скорости) — всегда отрицательные величины» [143].

А. Рейнольдс замечает, что «гипотеза коэффициента турбулентной вязкости означает, что величина ν_T конечна и положительна».

Некоторые исследователи полагают, что появление при проведении расчетов отрицательной турбулентной вязкости является неким курьезом, либо игрой вычислительных погрешностей и т.д.

Отметим, что проблема отрицательной турбулентной вязкости обсуждается крайне скупо и, как представляется авторам, неохотно. Пожалуй, одной из противоположностей таким работам является статья Х.А. Лоренца [52].

Разъясняя отличие молекулярной вязкости ν от введенной Ж. Бусинеском турбулентной вязкости ν_T Ф. Форхгеймер утверждал, что при турбулентном движении «осредненное течение может превращаться не только в тепло, но и в вихри; пожалуй, и, наоборот, благодаря уменьшению вихрей может появиться ускорение осредненного движения; однако относительно этого опытных данных нет» [28].

В недавно вышедшем учебнике А.Д. Гиргидов полагает, что «слагаемое

$\overline{u_i u_j} \frac{\partial u_i}{\partial u_j}$ представляет собой изменение

плотности энергии осредненного движения вследствие превращения этой энергии в энергию пульсационного движения (или, наоборот, превращение турбулентной энергии в энергию осредненного движения)» [11].

Проблема, однако, не столь очевидна, а для ее будирования имеются многочисленные, давнишние и недавние экспериментальные факты.

В [14] со всей определенностью утверждается, что объяснение направления передачи энергии может быть дано при условии отказа от традиционных представлений

о всегда положительной турбулентной вязкости и введения «отрицательной» турбулентной вязкости. Понятие отрицательной турбулентной вязкости отражает как бы отрицательную генерацию турбулентной энергии турбулентности по отношению к осредненному движению.

Тем не менее, нет оснований считать, что эта проблема замалчивается искусственно. Во-первых, имеется, например, в [25] указание, что знак величины $-\overline{u_x u_z}$ не противоречит уравнениям Рейнольдса. Во-вторых, в высокоточных опытах Т. Стантона [58], Лауфера [51] и многих других неоднократно наблюдалось превышение градиентом скорости вблизи стенки величины

В [26] автор полагает, что распространённая точка зрения на передачу турбулентной энергии нуждается в уточнении.

В.М. Лятхер прямо указывает, что при малых $y^+ \ll 1$ «турбулентные напряжения положительны, скорость генерации турбулентности отрицательна — энергия переходит от пульсационного движения к осредненному. Этот результат не противоречит прямым измерениям у стенки» [18].

Г. Бетчелор, рассматривая результаты экспериментальных исследований Таунсендом строения плоского следа за цилиндром [37], обнаружил наличие зон с отрицательными турбулентной вязкостью и турбулентной теплопроводностью. Подобного рода явления (проявление отрицательных турбулентных вязкости и теплопроводности) получили специальное наименование — контргradientных переносов импульса и температуры.

Обзор и анализ этих явлений был произведен С. Эшкинази и Ф.Ф. Эйреном [45], которые трактовали их как «реверс энергии», передачу кинетической энергии мелкомасштабными вихрями крупномасштабным, то есть от пульсационного осредненному движению.

С. Бегье [38] наблюдал отрицательное порождение энергии в слоях смешения при нулевом градиенте давления.

Вероятно, можно согласиться также с мнением, что лишь небольшая часть кинетической пульсационной энергии может быть возвращена осредненному движению.

Таким образом, из приведенного обзора, который можно было бы существенно расширить, следует, что контргradientные течения не относятся к «из ряда вон выходящему» явлению, а имеют достаточно широкое распространение.

Таким образом, выявленные феномены у гладкой стенки являются следствием частичного возвращения энергии турбулент-

ности осредненному течению. Они проявляются в виде некоторого увеличения осредненных скоростей в окрестности гладкой стенки.

Таким образом, еще раз установлено, что в вязком подслое имеет место контргradientное течение жидкости, даже в общепринятом случае.

Более того, если принять, по Т. Карману, (что также имеет широкое распространение) распределение осредненных скоростей в буферной зоне при значениях $y^+ = \frac{yu_*}{\nu}$ в диапазоне $5 < y^+ < 30$ по формуле

$$u^+ = 5 \ln y^+ + 3,05, \quad (10.1)$$

то в этом случае зона с отрицательной турбулентной вязкостью захватит часть и этой зоны.

Действительно, из зависимости (10.1) имеем

$$\frac{du^+}{dy^+} = \frac{5}{y^+} \text{ или } \frac{d\bar{u}}{dy} = \frac{5}{y} u_*. \quad (10.2)$$

Подставляя этот результат в уравнение (2.4), получим

$$\frac{5}{y} u_* = \frac{u_*^2}{\nu + \nu_T} \left(1 - \frac{y}{r_0} \right).$$

Отсюда

$$\frac{\nu_T}{\nu} = \frac{yu_*}{5\nu} \left(1 - \frac{y}{r_0} \right) - 1 = \frac{y^+}{5} \left(1 - \frac{y}{r_0} \right) - 1. \quad (10.3)$$

На границе зон $y^+ = 5$, получаем уже известный результат $\nu_T < 0$. Однако легко понять, что при еще некотором приращении $\Delta y^+ > 0$ турбулентная вязкость будет продолжать оставаться отрицательной.

11. Новая модель канонических турбулентных течений жидкости

Приведенные экспериментальные данные в совокупности с формой эпюры отрицательных значений $\nu_T(\delta z)$ вблизи от гладкой стенки дают основание построить правдоподобную модель изменения $\nu_T(z)$ во всем диапазоне изменения $0 \leq z \leq H$. Были введены пять зон, из которых две относятся к так называемому «турбулентному ядру», то есть основной части турбулентного потока. Пристенный слой делится на три зоны.

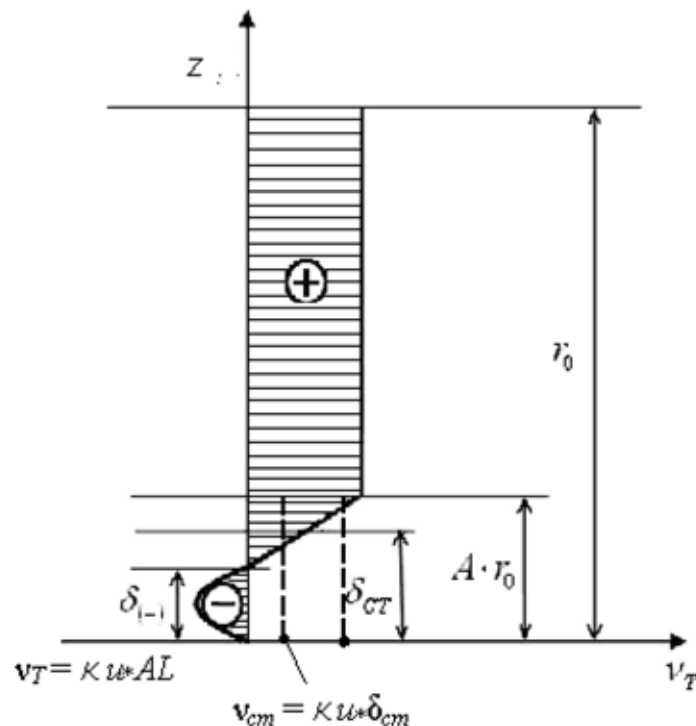


Рис. 1. Схема модели распределения коэффициента турбулентной вязкости по сечению продольно-однородного турбулентного потока при гладких стенках

Внешняя зона турбулентного ядра толщиной $A \cdot L$, где L – либо радиус трубы r_0 , либо глубина плоского потока H .

В этой зоне $v_T > 0$ и близко к своему максимальному значению. Приблизительно можно для этой зоны принять $v_T \approx \text{const} = (v_T)_A$, то есть равенство ее значению v_T в точке A (на границе между первой и второй зонами) $v_T = k u_* AL$.

Во второй зоне турбулентного ядра (внутренней), где коэффициент турбулентной вязкости убывает от значения $(v_T)_A$ до значения на границе с пристенным слоем $v_{T\tau}$ по закону, который примем линейным (он широко известен):

$$v_T = k u_* z, \quad (11.1)$$

где z – расстояние от гладкой стенки. Оно меняется в пределах $\delta_{\tau} \leq z \leq A \cdot L$, где $A < 1$, а k – константа Кармана.

Пристенный слой толщиной δ_{τ} , как указывалось, делится на три зоны. В зоне, примыкающей к турбулентному ядру при $\delta_{\tau} \geq z \geq \delta_{\tau}$, турбулентная вязкость продолжает убывать более интенсивно. В сред-

ней зоне пристенного слоя имеет место некоторое замедление убывания v_T . При этом $\delta_{\tau} \geq z \geq \delta_{(-)}$.

Наконец, непосредственно примыкающий к гладкой стенке слой очень малой

толщины $\delta_{(-)}$ (порядка $1,5 \frac{\nu}{u_*}$), в котором

турбулентная вязкость отрицательна, то есть $v_T < 0$. В этом слое возврат энергии осредненному движению превышает её отбор турбулентностью. Наличие такого графика позволяет аппроксимировать распределение v_T по всей толщине турбулентного потока и, следовательно, не прибегая к данным измерения осредненных скоростей (они нужны лишь для проверки полученных результатов), а путем прямого интегрирования (численного или аналитического) уравнения равномерного движения (11.2) получить зависимость $u(z)$

$$\frac{d\bar{u}}{dz} = \frac{u_*^2}{\nu + v_T} \left(1 - \frac{z}{r_0} \right). \quad (11.2)$$

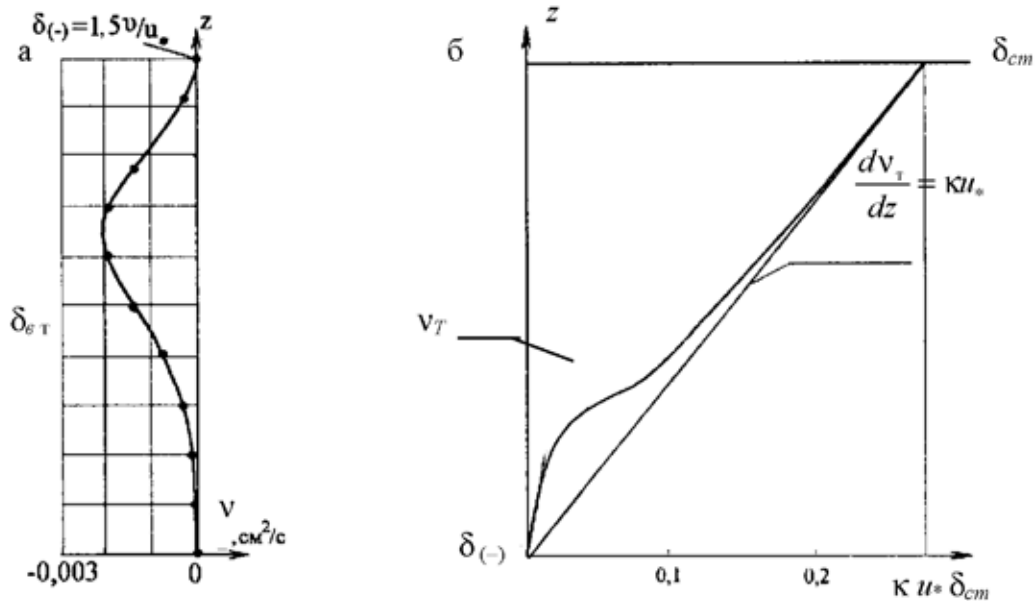


Рис. 11.2. График распределения $v_T = v_T(z)$:
а – в зоне $0 \leq z \leq \delta_{(-)}$; б – в зоне $\delta_{(-)} \leq z \leq \delta_{cm}$.

Итак, первым шагом для доведения решения задачи о распределении осредненных скоростей до логического завершения является аппроксимация распределения вихревой вязкости во всей толще продольно-однородного турбулентного потока. Опишем некоторые особенности, которые необходимо учитывать при практических расчетах:

– слой с отрицательной турбулентной вязкостью ($v_T < 0$), толщиной, определенной

пробными расчетами в $1,5 \frac{v}{u_*}$. В этом слое

$v =$ на стенке, затем уменьшается до минимального размера, а при дальнейшем росте y до значения $1,5 \frac{v}{u_*}$ увеличивается до

$v =$. Как указывалось, минимальное значение v_T не может превышать $-v$. В дальнейших расчетах было принято $v_{T\min} = -0,2v$;

– слой, в котором по мере роста z , нелинейно возрастает v_T , причем $\frac{d^2 v_T}{dz^2} > 0$ до значения $z = \delta_b$;

– слой, в котором по мере роста z , нелинейно возрастает v_T , причем $\frac{d^2 v_T}{dz^2} < 0$

до значения $z = \delta_a = \delta_{cm} = a \cdot \frac{v}{u_x}$ с переходом при $z = \delta_{cm}$ в линейную зависимость $v_T = ku_x z$.

Турбулентное ядро делится на две зоны:

– первая, при $\delta_{cm} \leq z \leq A \cdot L$ соответствует росту v_T по линейному закону, при $v_T = ku_x z$ и, следовательно, соответствует логарифмическому закону распределения осредненных скоростей;

– вторая, при $A \cdot L \leq z \leq L$ соответствует постоянному значению $v_T = ku_* AL$, где $L = r_o$ или H и, следовательно, параболическому распределению осредненных скоростей.

Соотношение толщин слоев $\delta_{(-)}$, δ_b и δ_a принято с учетом наиболее часто повторяющихся экспериментальных данных о характерных длинах, связанных с пограничным слоем, в предположении об универсальности: $\delta_{(-)} : \delta_b : \delta_a = 1,5 : 30 : 70$.

Таким образом, обозначены две основные зоны: пристенный слой и турбулентное ядро, каждая из которых подразделяется на три и две подзоны, соответственно. Условные границы между ними не признаются жесткими. Они трансформируются в зависимости от основных параметров, влияющих на течение турбулентного продольно-однородного потока, – числа Рейнольдса $Re_L = \frac{V \cdot L}{v}$ и относительной шероховатости $\frac{\Delta}{L}$. Это оз-

начает, что введенные параметры δ_{ct} ; a и A являются функциями Re_L и Δ/L в общем случае, функциями Re_L при гладких стенках и только функциями Δ/L при шероховатых стенках.

Поскольку выражение для параметра

$$\delta_{cm} = a \cdot \frac{v}{u_*}$$

тождественным преобразованием приводится к виду

$$\frac{\delta_{cm}}{L} = a \cdot \frac{V}{u_*} / Re_L = c \cdot a,$$

где

$$c = \frac{V}{u_*} / Re_L = \sqrt{\frac{8}{\lambda}} / Re_L,$$

то δ_{ct} и a оказываются линейно зависимыми.

Следовательно, отысканию для идентификации эпюры распределения осредненных скоростей подлежат два параметра: a и A .

Методы их отыскания приведены в [9,10]. Эта процедура сводится к решению системы двух уравнений.

12. Решение рассматриваемой задачи с использованием новой модели канонических турбулентных течений жидкости

12.1. Распределение осреднённых скоростей в пристенном слое

Далее опишем собственно реализацию предлагаемой процедуры отыскания законов распределения осредненных скоростей в направлении y , нормальном стенке.

Получение зависимости для распределения осредненных скоростей в продольно-однородных потоках естественным образом базируется на формуле Буссинеска. Она позволяет при известном распределении v_T по толще потока $v_T = v_T(y/L)$, где $L = r_o$ для трубы $L = H$ для плоского потока, простым интегрированием аналитически или численно получить ответ на сформулированную важную проблему.

При малых числах Re_d или Re_H становится заметным влияние относительной толщины пристенного слоя δ_{ct}/r_o (это будет показано в следующем пункте). Поэтому в этом случае в уравнении (2.4) нельзя игнорировать член y/r_o (или z/H). Тогда, очевидно, осредненные скорости после интегрирования (2.4) определяются выражением

$$\frac{u}{u_*} = u_* \int_0^y \frac{1 - \frac{y}{r_o}}{v + v_T} dy. \quad (12.1)$$

Имея в виду трехслойную модель пристенного слоя, толщина зон которых равна, соответственно, $c \frac{v}{u_*}$, $(b - c) \frac{v}{u_*}$ и $(a - b) \frac{v}{u_*}$, а также, что значения v_T представлены в приведенной табличной форме, результаты послойного численного интегрирования также представлены в табличной форме.

12.2. Распределение осреднённых скоростей во внутренней части турбулентного ядра

Так как во внутренней зоне турбулентного ядра принято распределение турбулентной вязкости по линейному закону

$$v_T = k u_* z, \quad (12.2)$$

то задача о распределении осредненных скоростей по нормали к стенке в этой зоне сводится к вычислению интеграла в выражении (2.5), которое принимает вид

Значение безразмерных осредненных скоростей $\frac{\bar{u}}{u_*}$ в пристенном слое δ_{ct}

	$\frac{\bar{u}}{u_*} I$		
	В зоне значений $\frac{yu_*}{v} = c \cdot 0,1 \cdot I$	В зоне значений $\frac{yu_*}{v} = c + (b - c) 0,1 \cdot I$	В зоне значений $\frac{yu_*}{v} = b + (a - b) 0,1 \cdot I$
0	0,0000	$a 10^{-2} (2,354 - 0,257 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (19,27 - 2,57 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
1	$a 10^{-2} (0,214 - 0,0002 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (6,017 - 0,170 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (19,73 - 2,70 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
2	$a 10^{-2} (0,430 - 0,0009 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (9,070 - 0,418 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (20,14 - 2,99 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
3	$a 10^{-2} (0,648 - 0,0021 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (11,686 - 0,735 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (20,50 - 3,20 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
4	$a 10^{-2} (0,875 - 0,0038 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (13,856 - 1,087 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (20,82 - 3,40 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
5	$a 10^{-2} (1,115 - 0,0061 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (15,573 - 1,433 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (21,11 - 3,59 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
6	$a 10^{-2} (1,370 - 0,0092 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (16,851 - 1,742 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (21,37 - 3,72 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
7	$a 10^{-2} (1,642 - 0,0129 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (17,779 - 2,0004 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (21,62 - 3,98 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
8	$a 10^{-2} (1,898 - 0,0170 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (18,422 - 2,235 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (21,84 - 4,18 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
9	$a 10^{-2} (2,134 - 0,0213 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (18,886 - 2,415 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (22,06 - 4,37 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$
10	$a 10^{-2} (2,354 - 0,0257 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (19,269 - 2,571 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$	$a 10^{-2} (22,26 - 4,57 \frac{\delta_{cm}}{r_o})$

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{\bar{u}_{cm}}{u_*} + u_* \int_{\delta_{cm}}^z \frac{\left(1 - \frac{z}{L}\right) dz}{\nu + \nu_T} = \frac{\bar{u}_{cm}}{u_*} + u_* \int_{\delta_{cm}}^z \frac{\left(1 - \frac{z}{L}\right) dz}{\nu + k u_* z},$$

где $\bar{u}_{cm}$ – скорость на границе пристенного слоя, $L = r_0$ (для трубы), H (для плоского потока).

Этот интеграл после несложных преобразований сводится к табличному, использование которого приводит к следующему результату:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{\bar{u}_{cm}}{u_*} + \frac{1}{k} \left[\ln \frac{z}{\delta_{cm}} - \frac{z - \delta_{cm}}{L} \right]. \quad (12.3)$$

Из формулы (12.3) следует, что профиль осредненных скоростей одинаков во внутренней зоне турбулентного ядра как для течения в круглой трубе, так и в плоском потоке и эту зону можно именовать зоной с логарифмическим распределением скоростей.

На внешней границе внутренней зоны турбулентного ядра, то есть на расстоянии $z = AL$ от стенки, осредненная скорость $\bar{u}_A$ оказывается равной

$$\frac{\bar{u}_A}{u_*} = \frac{\bar{u}_{cm}}{u_*} + \frac{1}{k} \left[\ln \frac{AL}{\delta_{cm}} - A + \frac{\delta_{cm}}{L} \right]. \quad (12.4)$$

Эта скорость является граничным условием для отыскания распределения осредненных скоростей во внешней зоне турбулентного ядра.

12.3. Распределение скоростей во внешней зоне турбулентного ядра

Согласно принятой схеме распределения турбулентной вязкости ν_T во внешней части турбулентного ядра, где $\nu_T = k u_* AL$, исходное выражение для определения распределения осредненных скоростей в этой зоне (2.4) примет вид:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{\bar{u}_A}{u_*} + u_* \int_{AL}^z \frac{\left(1 - \frac{z}{L}\right) dz}{\nu + k u_* AL} = \frac{\bar{u}_A}{u_*} + \frac{u_*}{\nu + k u_* AL} \int_{AL}^z \left(1 - \frac{z}{L}\right) dz. \quad (12.5)$$

Взятие интеграла приводит к зависимости [9]:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{\bar{u}_A}{u_*} + \frac{1}{\kappa \cdot A} \left[\frac{z}{L} \left(1 - \frac{z}{2L}\right) - A + \frac{A^2}{2} \right]. \quad (12.6)$$

Во внешней зоне турбулентного ядра в качестве линейного масштаба присутствует лишь геометрический масштаб L , а сама формула свидетельствует о том, что распределение осредненных скоростей является параболическим. На большую вероятность такого результата указывали И.О. Хинце, Конт-Белло и др.

При полном разрушении пристенного слоя выступами шероховатости наступает зона квадратичного сопротивления, что сопровождается равенством скорости на высоте выступа шероховатости некоторому значению u_Δ . Оно часто принимается равным «второй константе турбулентности», то есть

$$\frac{\bar{u}_{cm}}{u_*} = \frac{\bar{u}_\Delta}{u_*} = 8,5. \quad (12.7)$$

13. Обобщённая формула для расчёта распределения осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости

В [9] получена единая формула для расчёта распределения осредненных скоростей, которая в указанных выше случаях имеет вид:

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{u_{cm}}{u_*} + \kappa^{-1} \left(\ln \frac{y}{\delta_{cm}} - \frac{y - \delta_{cm}}{L} \right), \quad \text{при } \delta_{cm} \leq y \leq A \cdot L; \quad (13.1)$$

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{u_{cm}}{u_*} + \kappa^{-1} \left(\ln \frac{AL}{\delta_{cm}} - A + \frac{\delta_{cm}}{L} \right) +$$

$$+ (\kappa A)^{-1} \left[\frac{y}{L} \left(1 - 0,5 \frac{y}{L} \right) - A + \frac{A^2}{2} \right],$$

при $y > A$; (13.2)

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{u_{cm}}{u_*} + (\kappa A)^{-1} \left[\frac{y}{L} \left(1 - 0,5 \frac{y}{L} \right) - A + \frac{A^2}{2} \right],$$

при $\delta_{ct} = A \cdot L$, (13.3)

где $u_{cm} = u|_{y=\delta_{cm}}$.

В приведенных формулах y отсчитывается внутрь потока от стенки, как это было введено И. Никурадзе и Л. Прандтлем. Пределы интегрирования основного уравнения равномерного движения принимались от 0 до y – при гладких и от Δ до y – при шероховатых стенках.

Распределение скоростей в пристенном слое, то есть при $0 \leq y \leq \delta_{ct}^*$ получено и представлено в универсальной табличной форме. Формула апробирована на обширных экспериментальных данных.

Формула распространена на всю область сопротивлений. Простейший анализ формул (13.1), (13.2) и (13.3) приводит к выводу о том, что распределение скоростей зависит от трех параметров: δ_{ct}^* , A , a , где третий параметр a входит в выражение для δ_{ct}^* :

$$\delta_{cm} = a(v/u_*), \quad (13.4)$$

где – внутренний линейный масштаб.

Оказалось, что δ_{ct}^* и a взаимозависимы, поэтому число независимых параметров сокращается до двух. Легко получить дополнительное соотношение для δ_{ct}^* :

$$\delta_{cm} = a \frac{v}{u_*} \frac{V}{L} = \frac{a \cdot V \cdot L}{u_* \cdot Re_L}. \quad (13.5)$$

Отсюда следует, что, так как предельная толщина пристенного слоя не может превышать характерной толщины потока L , то параметр a не может превышать некоторого значения

$$a \leq \frac{Re_L}{V/u_*} = Re_{L_*} = (Re_{d_*} \text{ или } Re_{H_*}), \quad (13.6)$$

$$\text{где } Re_{L_*} = \frac{u_* \cdot L}{v}.$$

В противном случае пристенный слой занимает все сечение потока ($\delta_{ct} = L$) или является недоразвитым ($\delta_{ct} > L$).

При гладких стенках параметры δ_{ct}^* , a и A могут быть функциями лишь числа Рейнольдса.

При шероховатых стенках те же параметры могут определяться лишь относительной шероховатостью Δ/L .

Логично предположить, что если это так, то в зоне доквадратичного сопротивления те же параметры должны зависеть как от Re_L , так и от Δ/L .

14. Условия, удовлетворяемые новой формулой для расчёта распределения осреднённых скоростей в простейших канонических течениях жидкости

Выше была изложена методика получения универсальной формулы для расчета распределения осредненных скоростей в продольно однородных потоках. Она базировалась на предварительном обосновании существования вблизи гладких поверхностей тончайшего слоя, в пределах которого вихревая вязкость является отрицательной. С учетом этого обстоятельства была осуществлена схематизация распределения вихревой вязкости по поперечному сечению потока с использованием имеющихся экспериментальных данных.

В свою очередь, принятая схематизация распределения вихревой вязкости позволила разделить турбулентный поток на пристенный слой, толщиной δ_{ct}^* , и турбулентное ядро.

Итак, на основе новой модели турбулентности, исходя из перечисленных условий и требований к формуле для распределения осредненных скоростей в продольно-однородных турбулентных потоках, предложены соответствующие формулы, лучше удовлетворяющие указанным условиям, в том числе у стенки и на оси трубы (или свободной поверхности). Каковы эти условия?

1. Как было показано, понятие о длине пути смешения, введенное Л. Прандтлем, не имеет места. Длина, входящая в размерность кинематической турбулентной вязкости ν_T , представляет собой просто расстояние от стенки (как это первоначально и было предположено Л.Д. Ландау [16], сменивший по каким-то причинам эту точку зрения на прандтлевскую).

2. У гладкой стенки ламинарный пограничный слой отсутствует.

3. У гладкой стенки существует тончайший слой, в пределах которого ν_T отрицательно, что означает, что в пределах этого слоя толщиной

$$\delta_{(-)} \approx (1,5 \div 3) \frac{v}{u_*}$$

кинетическая энергия турбулентности возвращается осредненному движению. Последнее приводит к некоторому локальному

увеличению осредненных скоростей, нарушению линейности в распределении скоростей в этом слое и образованию двух точек перегиба в эпюре скоростей.

4. Универсальная константа Кармана принимается таковой и равной $k = 0,4$.

5. Влияние шероховатости учитывается эквивалентной шероховатостью Δ_s .

6. Градиенты осредненных скоростей у стенки равны $\frac{u_*^2}{v}$, а на оси трубы или у свободной поверхности являются нулевыми.

7. У стенки образуется пристенный слой, толщиной $\delta_{ст} = a \frac{v}{u_*}$. При больших

числах Re_d оказалось, что $a = 70$. Это соответствует многим и многим рекомендациям.

8. В пределах пристенного слоя сказывается влияние физической v и турбулентной v_T вязкости. Характер этого влияния задается феноменологически с учетом очевидных соображений, – ближе к стенке влияние v должно быть преобладающим, а ближе к условной границе пристенного слоя оно должно становиться исчезающим.

9. В единицах длины, равных $\frac{v}{u_*}$, обозначим толщину слоя с $v_T < 0$ $\delta_{(-)} = c \frac{v}{u_*}$;

толщину слоя с возрастающим влиянием

$v_T > 0$ при $\frac{dv_T}{dy} > 0$ и $\frac{d^2 v_T}{dy^2} > 0$ обозначим

$\delta_b = (b - c) \frac{v}{u_*}$, а толщину верхней части

пристенного слоя, на границе которого влияние v_T становится подавляющим при $v_T > 0$,

$\frac{dv_T}{dy} > 0$ и $\frac{d^2 v_T}{dy^2} < 0$, обозначим $\delta_a = (a - b) \frac{v}{u_*}$.

При больших числах Re_d рекомендуется принимать $a = 70$, $b = 30$, $c = 1,5$, то есть

$$\delta_{cm} = a_1 \frac{v}{u_*} = a \frac{v}{u_*}.$$

10. При малых числах Re_d толщина пристенного слоя становится соизмеримой с r_o , что подлежит специальному учету.

11. Турбулентное ядро условно делится в соответствии со схематизацией эпюры распределения турбулентной вязкости $v_T = v_T(y)$ или $v_T = v_T(z)$ на две части. В примыкающей к пристенному слою, где при-

нято, что $v_T = k u_* y$ (или $k u_* z$), эпюра распределения осредненных скоростей естественным образом становится логарифмической, а в остальной части, где принято $v_T = \text{const}$, – параболической. Эти части эпюры смыкаются с обеспечением непрерывности в распределении $\bar{u}$ и $\frac{d\bar{u}}{dy}$. Первая

часть простирается от стенки на расстояние $y_A = A \cdot r_o$ (или $z_A = AH$), причем при больших $Re_d A = 0,1735$.

12. Числовые значения a , A согласуются со многими опытными данными, хотя и находились определенным образом численно. Мнение о возможности представления эпюры скоростей комбинацией логарифмического и параболического законов высказывалось многократно.

13. Таким образом, при гладких стенках пристенная зона оказывается расчлененной на три части, а турбулентное ядро – на две. Следовательно, эту модель можно назвать пятислойной.

14. Вопреки устойчиво сохраняющемуся мнению многих исследователей, показано, что переход от гладкостенного к доквадратичному сопротивлению связан с разрушением слоя с $v_T < 0$, что происходит при высоте выступов шероховатости $\Delta_s \gg 0,2 \div 0,3 \delta_{(-)}$. Переход же от доквадратичного к квадратичному сопротивлению наблюдается при достижении значений $\Delta_s \gg 0,2 \div 0,3 \delta_{ст}$. Это обстоятельство представляется физически более реальным, чем «протыкание выступами шероховатости» ламинарной пленки.

15. Предлагаемые формулы получены интегрированием исходного уравнения

$$\frac{d\bar{u}}{dy} = \frac{u_*^2}{v + v_T} \left(1 - \frac{y}{r_o} \right)$$

или

$$\frac{d\bar{u}}{dz} = \frac{u_*^2}{v + v_T} \left(1 - \frac{z}{H} \right).$$

В пределах пристенного слоя, то есть при изменении $\delta_{ст} > y > 0$, интегрирование велось численно, а при $r_o > y > \delta_{ст}$ – аналитически.

16. При шероховатых стенках интегрирование осуществлялось аналитически в пределах $\Delta_s < y \leq r_o$ с принятием в качестве граничного условия значения $\frac{u_\Delta}{u_*} = 8,5$

(вторая константа турбулентности).

17. Оказалось, что наличие у гладкой стенки тонкого слоя, в котором вихревая

(турбулентная) вязкость принимает отрицательное значение, то есть в котором течение является контргradientным, приводит к образованию точек перегиба на эпюре распределения осреднённых скоростей в продольно-однородных потоках. Как известно, наличие таких точек является мощным фактором, обуславливающим дестабилизацию течения. Само это обстоятельство известно со времён Релея [54], однако поиск этих точек до сих пор не увенчался успехом. Авторы полагают, что причиной этому является практически всеобщее (за очень малым исключением) отрицание возможности развития контргradientных течений в продольно-однородных потоках.

18. Обращаюсь к читателям с просьбой подвергнуть предложенный универсальный метод расчёта распределения осреднённых скоростей в круглых трубах, плоских потоках и пограничных слоях при нулевом градиенте давления широкой проверке с привлечением новейших экспериментальных данных.

Заключение

В данной обзорной статье рассмотрены основные этапы и достижения при решении важной гидравлической задачи о расчёте распределения осреднённых скоростей в продольно – однородных турбулентных потоках. Кратко изложены результаты исследований как возникавшие в начальный период развития подходов к решению проблемы, так и современные достижения в этой области, принадлежащие, в основном, европейским учёным.

По мнению автора, статья будет полезна, как исследователям и преподавателям, так и магистрантам и аспирантам при работе над выпускными работами и диссертациями.

Список литературы

1. Абрамович Г.Н. О дальности действия турбулентных пульсаций давления / Г.Н. Абрамович // Механика турбулентных потоков. – М.: Наука, 1980. – С. 134–153.
2. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления / А.Д. Альтшуль. – М.: Недра, 1970. – 216 с.
3. Альтшуль А.Д. О касательных напряжениях при движении воды в открытых руслах / А.Д. Альтшуль // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1983. – № 6. – С. 155–158.
4. Альтшуль А.Д. Обобщенная зависимость для гидравлического расчета трубопроводов / А.Д. Альтшуль // Гидротехническое строительство. – 1952. – № 6. – С. 14–16.
5. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика / Г.И. Баренблатт. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 256 с.
6. Ван Дриест Е.Д. Конвективная теплопередача в газах / Е.Д. Ван Дриест // Турбулентное течение и теплопередача. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – С. 18–24.
7. Высоцкий Л.И. Новое представление коэффициента турбулентной вязкости как основа для анализа турбулентных

параметров / Л.И. Высоцкий // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 1998. – С. 4–35.

8. Высоцкий Л.И. Учет отрицательной турбулентной вязкости в пристенном слое / Л.И. Высоцкий // Труды Саратовского научного центра ЖКА РФ. – 1998. – Вып. 2. – С. 4–81.

9. Высоцкий Л.И. Продольно-однородные осреднённые турбулентные потоки / Л.И. Высоцкий, И.С. Высоцкий. – СПб.: Лань, 2015. – 670 с.

10. Высоцкий Л.И. Универсальные программы, таблицы, графики и рекомендации для расчёта распределения осреднённых скоростей в продольно – однородных турбулентных потоках для всех зон сопротивления / Л.И. Высоцкий, И.С. Высоцкий, И.А. Бабкин. – СПб.: Лань, 2016. – 444 с.

11. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа / А.Д. Гиргидов. – Л.: Из-во СПб. техн. ун-та, 1999. – 320 с.

12. Горбачев П.Ф. Формулы скорости течения жидкости / П.Ф. Горбачев. – М.: ОНТИ, 1936. – 96 с.

13. Гуссак В.Б. Некоторые наблюдения над эрозией почв в пограничном слое с помощью микрокиносъемки / В.Б. Гуссак // Почвоведение. 1948. № 7. С. 453–457.

14. Ибрагимов М.Х. Структура турбулентного потока и механизм теплообмена в каналах / М.Х. Ибрагимов, В.И. Субботин, В.П. Бобков и др. – М.: Атомиздат, 1978. – 296 с.

15. Конт-Белло Ж. Турбулентное течение в канале с параллельными стенками / Ж. Конт-Белло. – М.: Мир, 1968. – 176 с.

16. Ландау Л.Д. Механика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Гостехтеориздат, 1953. – 736 с.

17. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1970. – 904 с.

18. Лятхер В.М. Турбулентность в гидротехнических сооружениях / В.М. Лятхер. – М.: Энергия, 1968. – 408 с.

19. Маккавеев В.М. Теория процессов перемешивания при турбулентном движении свободных потоков и вопросы зимнего режима рек / В.М. Маккавеев // Записки ГГИ. – Л., 1931. Т. V. – С. 75–116.

20. Миллионщиков М.Д. Турбулентные течения в пограничном слое и в трубах / М.Д. Миллионщиков. – М.: Наука, 1969.

21. Монин А.М. Статическая гидромеханика. – М.: Наука, 1965. Ч. 1. – 640 с.; 1967. Ч. 2. – 720 с.

22. Мухаммедов А.М. Распределение осреднённых скоростей по глубине потока р. Аму-Дарья / А.М. Мухаммедов, Т. Жураев // Доклады ВАСХНИЛ. – 1973. – № 5. – М.: Колос, 1973.

23. Репник Е.У. Турбулентный пограничный слой / Е.У. Репник, Ю.П. Соседко. – М.: Физматгиз, 2007. – 310 с.

24. Ротта И.К. Турбулентный пограничный слой в несжимаемой жидкости / И.К. Ротта. – Л.: Судостроение, 1967. – 220 с.

25. Слезкин Н.А. Динамика вязкой жидкости / Н.А. Слезкин. – М.: Гостехиздат, 1955. – 512 с.

26. Тананаев А.М. Течения в каналах МГД-устройств / А.М. Тананаев. – М.: Атомиздат, 1979. – 368 с.

27. Таунсенд А.А. Структура турбулентного потока с поперечным сдвигом / А.А. Таунсенд. – М.: ИЛ, 1959. – 400 с.

28. Форхгеймер Ф. Гидравлика / Ф. Форхгеймер. – М.: ОНТИ, 1935. – 616 с.

29. Хабахпашева Е.М. Некоторые данные о структуре течения в вязком подслое / Е.М. Хабахпашева // Проблемы теплофизики и физической гидродинамики. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1974. – С. 223–235.

30. Хинце И.О. Турбулентность, ее механизм и теория / И.О. Хинце. – М.: Физматгиз, 1963. – 612 с.

31. Хлопков Ю.И. Лекции по теоретическим методам исследования турбулентности: учеб. пособие / Ю.И. Хлопков, В.А. Жарков, С.Л. Горелов. – М.: МФТИ, 2005. – 179 с.

32. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1974. – 712 с.
33. Штеренлихт Д.В. Гидравлика / Д.В. Штеренлихт. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.
34. Barenblatt G.I. Scailing laws in fully developed shear flows. Part 2. Processing of experimental data / G.I. Barenblatt, V.M. Prostokishin // *Journal Fluid Mech.* – 1993. – № 248. – P. 521–529.
35. Barenblatt G.I. Self-Similar Intermediate Structures in Turbulent Boundary Layers at Large Reynolds Numbers / G.I. Barenblatt, A.J. Chorin, V.M. Prostokishin // *Journal Fluid Mech.* – 2000. – № 410. – P. 263–283.
36. Bazin X. Experiences nouvelles sur la distribution des des vitesses dans les tuyaux / X. Bazin // *Memoires d'Acad. des Sciences de l'Inst. de France.* – 1902. № 6.
37. Batchelor G.K., Townsend A.A. // *Proceedings of the Royal Society. Ser. A* 190. – 1947. – 534 p.
38. Beguier M.C. Mesures des tensions de Reynolds dans un ecoulement dissymetrique en regime turbulent incompressible / M.C. Beguier // *Journal Mecanique.* – 1965. – № 4. – P. 320–334.
39. Boussinesq J. Essai sur le theorie des eaux courantes / J. Boussinesq // *Memories presentes par divers savants a l'Academie des Sciences de L'institut de France.* – Paris, 1877. – Vol. 23. № 1.
40. Coles D. The low of the wake in turbulent boundary layer / D. Coles // *Journal of Fluid Mechanics.* – 1956. – 1, № 3. – P. 191–226.
41. Conplet des Tartreaux P. – Paris: Mem. de l'Academie par., 1735. – P. 143.
42. Darcy H. Recherches expérimentales relatives aux mouvement de l'eau dans les tuyaux des conduits / H. Darcy. – Paris, 1858.
43. Deissler R.G. Investigation of turbulent flow and heat transfer in smooth tubes / R.G. Deissler // *Transactions ASCE.* – 1951. – Vol. 73. № 1. – P. 101–107.
44. Deissler R.G. Analytical and experimental investigation of fully developod turbulent flow of air in a smooth tube with heat transfer with variable fluid properties / R.G. Deissler, C.S. Eian // *NACA TN 2629.* – 1952.
45. Eskinazi S., Erian F.F. // *Physics of Fluids.* – 1988. – 12, № 10. – P. 145–162.
46. Fage A., Townend H. // *Proceedings of the Royal Society.* – London, 1932. 135. Ser. A. – 656 p.
47. Grove J. Neunter Internat / J. Grove. – Schiffahriskongress Dusseldorf, 1902. I Abt. 15 Mitt. – S. 31.
48. Guo J. Turbulent velocity profiles in sediment-laden flows / J. Guo, P.Y. Julien // *Journal Hydraul. Res.* – 2001. – № 39(1). – P. 11–23.
49. Hama F.R. Boundary layer characteristics for smooth and rough surfaces / F.R. Hama // *Trans. Soc Navi Archieest Marine Engrs.* – 1954. № 62. – P. 333–358.
50. Karman T.Y. Mechanical similarity and turbulence (in German) / T.Y. Karman // *Nachrichten von der Gesellschaften der Wissenschaften zu Giittingen. Mathematisch Physikalische Kiasse.* – 1930. – P. 56–76.
51. Laufer J. Investigation of turbulent flow in a two-dimensional channel / J. Laufer // *Nat. Advisory Comm. Aeron. Report.* – 1951. – № 1053.
52. Lorenz E. The interaction between a mean flow and random disturbances / E. Lorenz // *Tellus.* – 1953. – Vol. 5. № 3. – P. 238–250.
53. Prandtl L. Nenere Ergebnisse der Turbulenzforschung / L. Prandtl // *V.D.I.* – 1933. 77, № 5. – P. 107–110.
54. Rayleigh. On the dynamics of revolution fluids / proc. Roy. Soc. 1916. A-93. P. 148–154.
55. Reichardt H. Messungen turbulenter Schwankungen / H. Reichardt // *Die Naturwissenschaften.* – Berlin, 1938. № 24/25. Bd 26. – S. 404–408.
56. Reynolds O. On the Dynamical Theory of Incompressible Viscous Fluids and the Determination of the Criterion / O. Reynolds // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A.* – 1895. – Vol. 186. – P. 123–161; рус. пер. в сб.: Проблемы турбулентности. ОНТИ, 1936.
57. Roberts O.F.T. The theoretical scattering of smoke in turbulent atmosphere / O.F.T. Roberts // *Proc. Roy. Soc.* – 1923. Vol. A 104. № 728. – P. 709–737.
58. Stanton T.E. Similarity of motion in relation to the surface friction in flenids / T.E. Stanton, I.R. Pannel // *Phil. Trans. Roy Soc.* – L.: A 214, 1914. – P. 199.
59. Vogelpohl J. Stromungsuntersuchung mit dem Ultramikroskop / J. Vogelpohl, O. Mannesman // *Forschungen auf Gebiete Ingenierwesens.* – Berlin, 1937. – S. 35.
60. Zagarola M.V. Mean-flow scaling of turbulent pipe flow / M.V. Zagarola // *Journal of Fluid Mechanics.* – 1998. – Vol. 373. – P. 33–79.

УДК 624.04

ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ: АНАЛИЗ ДОКУМЕНТАЦИИ

Гарькина И.А., Гарькин И.Н.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза,
e-mail: igor_garkin@mail.ru

Рассматривается анализ документации как один из основных этапов проведения технической экспертизы зданий и сооружений. Дается авторский классификационный ряд документации. Указываются типовые ошибки предприятий, эксплуатирующих объект экспертизы, и способы их устранения. Предлагаются рекомендации для облегчения процесса анализа технической документации. Приводится ряд реальных примеров проведения анализа документации при различных видах обследований зданий и сооружений (обоснование капитального ремонта, экспертиза промышленной безопасности, техническая экспертиза). Материалы статьи могут быть использованы при написании отдельных разделов для учебных пособий и выполнению курсовых (дипломных) работ по дисциплинам «Технология возведение сетей и сооружения» и «Технология и организация в городском строительстве» для бакалавров и магистров по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Ключевые слова: техническая экспертиза, техническая документация, анализ, экспертиза промышленной безопасности, здания и сооружения, строительство, эксплуатация

STAGES OF CONDUCTING TECHNICAL EXPERTISE: ANALYSIS OF DOCUMENTATION

Garkina I.A., Garkin I.N.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,
e-mail: igor_garkin@mail.ru

The analysis of documentation is considered as one of the main stages of technical expertise of buildings and structures. The author's classification series of documentation is given. Typical errors of enterprises operating the object of examination are indicated, and methods for their elimination. Recommendations are offered to facilitate the analysis of technical documentation. A number of real examples of the analysis of documentation for various types of surveys of buildings and structures (substantiation of major repairs, examination of industrial safety, technical expertise) are given. The materials of the article can be used for writing separate sections of teaching aids and course (diploma) works on the disciplines «Technology of building networks and structures» and «Technology and organization in urban construction» for bachelors and masters in the direction of training 08.03.01 «Construction».

Keywords: technical expertise, technical documentation, examination of industrial safety, buildings and structures, construction, operation

Техническая экспертиза – обследование строительных конструкций зданий (сооружений), выполняемое специализированными организациями, имеющие свидетельства СРО (в области проектирования; пункт обследование зданий и сооружений), или же иные лицензии (допуски) для осуществления определённых видов работ. Экспертизу проводят специалисты, имеющие профильное образование и стаж работы в этой области на основании заключённого двухстороннего договора.

Существует большое количество видов технической экспертизы строительных конструкций зданий и сооружений:

- техническая экспертиза как обоснование капитального ремонта, реконструкции или демонтажа здания;
- техническая экспертиза для определения ущерба после техногенной аварии или природного катаклизма (пожар, наводнении и т.д.) [3];
- экспертиза промышленной безопасности [1];

– техническая экспертиза, выполняемая в форме научно-исследовательской работы [2,6];

- экспертиза технического состояния объектов культурного наследия;
- судебная экспертиза;
- другие виды экспертиз [5].

Хотя цели и методы их проведения у каждого вида экспертизы отличаются, начальный этап их проведения одинаковый – анализ имеющейся в наличии и выявление недостающей документации по объекту. Соответственно, грамотно проведённый её анализ – это одно из основных условий качественного и своевременного проведения экспертизы. Отсутствие единого подхода к анализу документации делает разработку такого механизма актуальной задачей.

Анализ технической документации имеет ряд целей:

- проверка соответствия документации, обследуемого объекта, требованиям нормативных документов;

- поиск информации о характеристике объекта (год ввода в эксплуатацию, условия строительства и т.д.);
- определение правовой информации об объекте;
- выявление проблем при эксплуатации строительных конструкций;
- выявление скрытых работ, проведённых при строительстве;
- определение стоимости объекта (или его части);
- проверка соответствия фактически выполненного объёма работ с актами выполненных работ.

Техническую документацию можно условно разделить на проектную и эксплуатационную (рис.1). К проектной можно отнести чертежи (в стадии П и РП), проекты на реконструкцию, капитальный ремонт, методы усиления, расчёты на необходимую нагрузку. Эксплуатационную документацию, в свою очередь, можно разделить ещё на две подгруппы: техническую и правовую. К первой подгруппе можно отнести: акты осмотра строительных конструкций, технический паспорт здания, журналы по эксплуатации оборудования и др.; ко второй – лицензии, разрешения, страховки, свидетельства и т.д.

правоохранительными органами и независимыми судебными экспертами для выявления хищений и растрате при строительстве, реконструкции и капитальных ремонтах, на объектах, финансируемых с участием бюджетных средств. В основном экспертиза сводится к проверкам по актам выполненных работ фактического выполненного объёма работ. Однако иногда ставятся и задачи по определению качества материалов, и даже сроков выполнения СМР. При судебной экспертизе или возбуждении уголовного (административного) дела, оригиналы (в ряде случаев копии) всей документации в обязательном порядке прикладываются к материалу дела. Основные заказчики таких экспертиз контрольно-ревизионные (счётная плата, ведомственные КРУ, налоговые инспекции) и правоохранительные органы, специализирующиеся на расследованиях экономических преступлений.

При составлении заключения по результатам обследования необходимо указать всю предоставленную техническую документацию по объекту (с шифрами, годом, исполнителями и количеством страниц), рис. 2. Соответственно, в зависимости от типа экспертизы упор делается на различные виды документации. Например,



Рис. 1. Классификация видов технической документации

Помимо технической документации в ряде экспертиз (судебная, определение стоимости) анализу подвергается и экономическая (по авторской классификации) документация. В большинстве случаев данный вид документации рассматривается при оперативно-розыскной деятельности

при экспертизе промышленной безопасности зданий (или технических устройств) анализ документации может составить до 1/3 всего объёма проведённой экспертизы. В отдельных случаях (судебная экспертиза, экспертиза промышленной безопасности) специалисты должны прикладывать

к заключению копии ряда документов, как правило, из правовой подгруппы (согласно авторской классификации).

«не соответствует правилам и нормам». Отметим, что отсутствие даже части документации может привести к административной,

№	Наименование документа	Отметка о состоянии
1	Технический паспорт	Имеется/ не имеется
2	Паспорта опасных производственных объектов	Имеется/ не имеется
3	Проектная, строительная документация и акт приемки здания в эксплуатацию	Имеется/ не имеется
4	Сертификаты, удостоверяющие качество конструкций и материалов	Имеется/ не имеется
5	Акты расследования аварий и нарушений технологических процессов, влияющих на условия эксплуатации зданий	Имеется/ не имеется
6	Заключения экспертизы промышленной безопасности ранее проводимых экспертиз в части выполнения указаний, направленных на обеспечение безопасности эксплуатации здания	Имеется/ не имеется
7	Установленные нормативные сроки эксплуатации и периодичность проведения экспертизы их технического состояния здания	Имеется/ не имеется
8	Документы о текущих и капитальных ремонтах, реконструкциях строительных конструкций здания и другая эксплуатационная документация	Имеется/ не имеется
9	Договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта	Имеется/ не имеется
10	Протоколы аттестации обслуживающего персонала (квалификационные удостоверения)	Имеется/ не имеется
11	Инструкции по охране труда при работе в здании	Имеется/ не имеется
12	Должностные инструкции обслуживающего персонала	Имеется/ не имеется
13	Журнал осмотра строительных конструкций	Имеется/ не имеется
14	Журнал опробования защит, систем пожаротушения и сигнализаций КИП	Имеется/ не имеется
15	Журнал аварий и инцидентов	Имеется/ не имеется
16	План эвакуации персонала при пожаре	Имеется/ не имеется

Рис. 2. Пример составления реестра документации при технической экспертизе

При наличии всех необходимых документов в заключении делается запись о соответствии проектной и эксплуатационной документации нормам и правилам в полной мере. При отсутствии ряда документов делается отметка «частично соответствует»; в этом случае недостающую документацию необходимо восстановить в течение времени, оговорённом в экспертизе. При полном отсутствии документации ставится отметка

а при несчастном случае – и к уголовной ответственности.

Однако наличие необходимой документации в отдельных случаях может не только облегчает проведение экспертизы, а может заменить и проведение визуального обследования. Например, капитальный ремонт инфраструктуры сетей централизованного водоснабжения, водоотведения и канализации (согласно Приказа Минстроя России

от 05.08.2014 N 437/пр) обосновывается данными, подтверждающими превышение её нормативного срока эксплуатации (в случае невозможности визуального осмотра). Так, при выполнении хоздоговора (№17.65, Нижнеломовский район Пензенской области) требовалось обосновать капитальный ремонт участка водопроводной сети длиной 630 п.м. Учитывая ветхое состояние водопроводных труб (материал труб – асбестоцемент), работы по откапыванию частей водопровода для визуального обследования могли привести к повреждению единственного источника водоснабжения для населения, что подтверждается прорывами (рис. 3). Поэтому логичным и юридически обоснованным явилось решение о необходимости капитального ремонта, основанное на предоставленных официальных документах о дате ввода в эксплуатацию и свидетельства о праве собственности на водопровод.

к основному к комплексу зданий. Данный вид работ может возникнуть, именно при отсутствии части проектной документации. К примеру, при выполнении хоздоговора (№1 от 24.04.2017 в Пензенском районе, Пензенской области) у организации заказчика отсутствовало разрешение на строительство участка газопровода (т.к. во время его сооружения оно не требовалось), однако при оформлении лицензии на эксплуатацию ОПО, данный документ был необходим. В ходе проведённой работы, специалистами ПГУАС было установлено, что данный объект (газопровод) является второстепенным сооружением по отношению к основному комплексу зданий (рис. 4). Тем самым заключение по результатам обследования явилось заменой части проектной документации.

Отдельно стоит выделить виды работ в области промышленной безопасности:

– экспертиза промышленной безопасности (ЭПБ) документации на консервацию,



Рис. 3. Прорыв водопровода (материалы хоздоговора №17.65)

В ещё один вид экспертной оценки, можно выделить обследование зданий и сооружений, при котором главная цель установить является ли объект экспертизы вспомогательным объектом по отношению

ликвидацию и техническое перевооружение опасного производственного объекта;

– обоснование безопасности объекта;

– декларация промышленной безопасности.



Рис. 4. Объект, проверяющийся при технической экспертизе

В ходе них специализированной организацией проводится анализ документации с последующей регистрацией заключения в территориальном органе Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Заметим, что в случае, если аккредитованный эксперт (соответствующей отрасли) выполнил ЭПБ и выдал положительное заключение, то он несёт всю ответственность за возможные недочёты и ошибки в проекте.

Не маловажную роль при анализе документации играют и «сопутствующие» документы, прикладываемые к заключению экспертом в процессе проведения обследования (например, материалы, подтверждающие предыдущие обследования, протоколы геодезического контроля, сертификаты на материалы, результаты испытаний строительных конструкций [4] и т.д.).

Также важно рассмотреть, ситуации, когда проверке подвергается само экспертное заключение различными контрольно-ревизионными органами, такими как государственная экспертиза, Ростехнадзор,

кадастровая палата и т.д. Экспертами здесь случаи выступают государственные служащие, и зачастую законодательная база подразумевает формальную проверку именно по наличию той или иной документации (или сведений подтверждёнными необходимыми документами). При нахождении ошибок, или же недостающих документов, исполнителю заключения даётся время для их исправления.

Для облегчения процесса анализа документации при технической экспертизе авторы предлагают следующие рекомендации:

- выработать единый механизм оценки, норм и требований к наличию документации при различных видах экспертизы;
- проводить ежемесячный внутренний аудит технической документации;
- проводить ежегодный внешний аудит технической документации;
- вести системы электронного документооборота на предприятии.

Важность грамотного проведённого анализа технической документации напрямую отражается на степень проработанности

и полноты заключения по результатам обследования (экспертизы) и, как следствие, приведет к сокращению экономических издержек, повышению уровня безопасности на объекте и снижению риска попасть под штрафные санкции контрольно-проверяющих органов государственной власти.

Список литературы

1. Гарькин И.Н., Гарькина И.А. Метод составления проекта консервации опасных производственных объектов // Вестник ПГУАС: строительство, наука и образование – 2016. – №3 – С.37–41.
2. Гарькин И.Н., Глухова М.В. Опыт обследования строительных конструкций гражданских зданий // Фундаментальные исследования. – № 6 (часть 2). – 2016. – С. 267–271.
3. Гарькин И.Н., Агафонкина Н.В. Анализ причин обрушения мачты сотовой связи в Пензенской области // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016 – №3. – С.49–56.
4. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Испытание неразрезных подкрановых балок на выносливость // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – №2. – С.81–86.
5. Garkin I.N., Garkina I.A. Construction survey facilities: continuation of life architectural sights // J. Ponte – Apr. 2017 – Volume 73 – Issue 3. – P.180–184.
6. Garkin I.N., Garkina I.A. System approach to technical expertise construction of building and facilities // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol.8, №5. – P.213–217.

УДК 621: 004.9

ОБЪЕКТИВНЫЕ И СУБЪЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОСКОПИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

¹Горюнова В.В., ¹Горюнова Т.И., ²Кухтевич И.И., ¹Шубин И.И.

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза,
e-mail: gvv17@ya.ru;

²ГБОУ ДПО «Пензенский институт усовершенствования врачей» Минздравсоцразвития России,
Пенза, e-mail: gvv17@mail.ru

Рассматриваются процессы разработки производства и эксплуатации образцов рентгенооборудования и их составных частей. Подчеркивается, что может возникать множество различных факторов и условий, которые существенно влияют на техническое состояние рентгенооборудования. Эти факторы воздействуют на образцы рентгенооборудования комплексно. Предлагается все многообразие различных факторов условно разделить на объективные и субъективные. Субъективные факторы зависят от деятельности всех категорий людей, принимающих участие в разработке, производстве и эксплуатации каждого конкретного образца рентгенооборудования.

Ключевые слова: рентгенографические исследования, отказоустойчивость, эксплуатационные характеристики

THE OBJECTIVE AND SUBJECTIVE FACTORS OF HARDWARE FAULT- TOLERANT DURING RADIOGRAPHICAL RESEARCH

¹Goryunova V.V., ¹Goryunova T.I., ²Kukhtevich I.I., ¹Shubin I.I.

¹Penza state University of technology, Penza, e-mail: gvv17@ya.ru;

²Penza State Institute of Advanced Medical Education, Penza, e-mail: gvv17@mail.ru

The article presents the development of production and operation of radiographicalequipment samples and their component parts. It should be emphasized that it is can occur a number of different factors and conditions that have a significant effect on the technical condition of radiographicalequipment . These factors affect the radiographicalequipment samples . It is proposed to divided all the various factors into objective and subjective. Subjective factors are dependent on the activity of all categories of people involved in the design, manufacture and operation of each individual sample radiographicalequipment.

Keywords: rengenograficheskie studies, fault tolerance, performance

Определение периодов эксплуатации рентгенооборудования. При оценке надежности изделий и установлении причин возникновения отказов в них важное значение имеют закономерности распределения отказов по периодам эксплуатации.

Известно, что продолжительность эксплуатации (t) многих изделий можно условно разбить на три характерных периода [1–3]. Первый период эксплуатации называется периодом приработки. Он продолжается от начала изготовления и до приема изделия ОТК. Для этого периода характерны внезапные отказы, возникающие в результате ошибок, допущенных при проектировании и изготовлении изделий. Эти отказы сравнительно быстро выявляются и устраняются при контроле изготовленных изделий на заводе в результате проведения заводских испытаний.

Относительное число отказов (интенсивность отказов – λ_t) в этот период неравномерное, вначале их больше, но по мере обнаружения и устранения отказов количество их постепенно снижается. Для первого периода большое значение имеет обоснование выбора продолжительности приработки

изделия. Период приработки, выполняемый на заводе, должен выбираться так, чтобы изделия с приработочными отказами не поступали на эксплуатацию в ЛПУ.

В тех случаях, когда в ЛПУ все же попадают изделия с приработочными отказами (со скрытыми дефектами), они устраняются силами и средствами завода-изготовителя изделия по рекламациям, поступающим из ЛПУ. Периоды времени, в течение которых могут устраняться такие отказы, называются гарантийными сроками. Они устанавливаются заводом-изготовителем и указываются в формулярах изделий.

Второй период называется основным или периодом нормальной эксплуатации. Он продолжается от начала эксплуатации до выхода в капитальный (средний) или регламентированный ремонт. Для этого периода характерными являются также внезапные отказы, но природа и причины их возникновения другие. В отличие от первого периода, эти отказы возникают сравнительно редко (при правильном обращении). Причинами возникновения этих отказов могут быть перегрузки, возникающие от «пиковых» (нерасчетных) нагрузок, и от неправиль-

ных действий обслуживающего персонала (несоблюдение правил эксплуатации). Примерами таких отказов могут быть излом пружин, торсионов и других деталей, разрыв шлангов, трубопроводов, обрыв жил кабелей, ШР, перегорание предохранителей и т.п.

Отказы второго периода могут произойти в любой момент эксплуатации изделия и совершенно не поддаются прогнозированию. Устраняются эти отказы по мере их возникновения и обнаружения. Основным период по времени является самым продолжительным. Интенсивность отказов (λ_{II}) в течение этого периода является примерно постоянной величиной.

Третий период называется заключительным или периодом ускоренного износа и старения. Для этого периода характерными являются постепенные (деградационные или ресурсные) отказы, которые по мере их возникновения добавляются к внезапным отказам второго периода (эти отказы могут возникать и в третьем периоде). Поэтому интенсивность отказов (λ_{III}) в 3-м периоде возрастает.

Постепенные отказы в отличие от внезапных отказов 1-го и 2-го периодов начинают появляться постепенно, по мере достижения предельного значения параметров ($X_{пр}$) у различных изделий. Постепенные отказы можно прогнозировать. Для этого надо знать скорость изменения параметра, его начальное и предельное значение. Причинами постепенных отказов являются: износ деталей, старение материалов, коррозия (окисление) материалов, разрегулировка механизмов.

1. Конструкторские недостатки изделия и его отдельных составных частей. Наиболее характерными дефектами конструирования в механических системах являются: недостаточная защищенность узлов трения, наличие концентраторов напряжения, ошибки в учете распределения напряжения, ошибки в учете эксплуатационных нагрузок, неправильные прочностные и другие расчеты, неправильный выбор материалов, комплектующих элементов и др.;

Инженерам-эксплуатационникам необходимо уметь выявлять в процессе эксплуатации образцов рентгенооборудования отказы и неисправности, связанные с факторами, обусловленными конструкторскими недостатками.

2. Недостатки в разработке конструкторской документации. К этим недостаткам относятся ошибки в рабочих чертежах, нечеткие, неконкретные и неполные указания в эксплуатационной документации об использовании, хранении, транспортирова-

нии, техническом обслуживании и ремонте изделия.

3. Нарушение эргономических требований. К группе этих факторов относятся нарушения требований по антропометрическим, гигиеническим, физиологическим показателям эргономики при разработке образца рентгенооборудования [4].

Факторы, определяющие надежность рентгенографического оборудования.

К факторам, определяющим надежность изделий при производстве относятся:

1. Недостатки (дефекты) технологии изготовления составных частей изделия. К этой группе факторов относятся дефекты исходных материалов и заготовок; дефекты механической обработки, сварки, термообработки; дефекты химических, гальванических и лакокрасочных покрытий.

2. Дефекты сборки составных частей и самого образца рентгенооборудования. К этой группе факторов относятся повреждение поверхностей деталей, задиры, нарушение технологических требований, внесение механических примесей и т.д.

3. Недостатки испытаний и приемки изделий. К этой группе факторов относятся нарушения требований к приемке и испытаний изделия и его отдельных составных частей, нарушение требований контроля качества изделия и т.д.

Таким образом, к факторам, определяющим надежность рентгенооборудования при эксплуатации, относятся:

1. Недостатки в технической подготовке расчетов, мастеров, инженеров. Недостаточная подготовка расчетов приводит к снижению эффективности использования образца рентгенооборудования, к повреждениям механических и электрических систем и элементов, к нарушению регулировок и настроек.

Недостаточная подготовка мастеров в ремонтных органах приводит к нарушению технологии технического обслуживания и ремонта рентгенооборудования. В этом случае, как правило, нарушаются требования разработки, сборки, регулировки и восстановления изделия, приводящие к преждевременным отказам и повреждениям.

Недостаточная техническая подготовка приводит к нарушению требований эксплуатационной документации по использованию, транспортированию, хранению и техническому обслуживанию рентгенооборудования, находящегося в том или ином подразделении [5–6].

2. Нарушение требований технической документации. Одной из главных причин этого нарушения является недостаточная техническая подготовка всех категорий об-

служивающего персонала. Эта причина связана с незнанием требований технической документации по вопросам эксплуатации рентгенооборудования. Нарушения требований технической документации нередко возникают и при хорошей подготовке личного состава, в ведении которого находится рентгенооборудование. В этом случае причинами нарушения являются такие условия эксплуатации рентгенооборудования, которые не позволяют в данный момент выполнить требования технической документации. Например, отсутствие в подразделении, части соответствующих помещений и штатного состава для организации и проведения хранения, технического обслуживания и ремонта рентгенооборудования.

3. Недостатки в организации эксплуатации рентгенооборудования.

К этой группе факторов относятся следующие недостатки:

- в планировании эксплуатации рентгенооборудования в подразделениях, на складах, в ремонтных органах;
- в организации контроля за выполнением планов эксплуатации рентгенооборудования в указанных подразделениях;
- в организации своевременного и полного обеспечения рентгенооборудования ЗИП, эксплуатационными материалами, технической документацией [7]
- в организации контроля технического и качественного состояния рентгенооборудования;
- в организации мероприятий, обеспечивающих поддержание работоспособности и исправности рентгенооборудования на заданном уровне.

В заключение следует отметить, что время возникновения всех рассмотренных отказов (внезапных и постепенных) является случайной величиной. Поэтому, для определения закономерностей их возникновения необходимо использовать математический

аппарат теории вероятностей и математической статистики.

В процессах разработки производства и эксплуатации образцов рентгенооборудования и их составных частей может возникать множество различных факторов и условий, которые существенно влияют на техническое состояние рентгенооборудования. Эти факторы воздействуют на образцы рентгенооборудования комплексно. Однако все многообразие различных факторов условно можно разделить на объективные и субъективные.

Субъективные факторы зависят от деятельности всех категорий людей, принимающих участие в разработке, производстве и эксплуатации каждого конкретного образца рентгенооборудования.

Список литературы

1. Горюнова В.В. Онтологический подход к проектированию систем технического обслуживания // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 12. – С. 24–29.
2. Горюнова В.В. Использование модульных онтологий при создании центров обработки данных медицинского назначения // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2011. – № 1. – С. 300–303.
3. Горюнова В.В. [и др.] Особенности проектирования интегрированных медицинских систем на основе концептуальных спецификаций // Фундаментальные исследования. – 2013. – №11–9. – С. 67–73.
4. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Жияев П.С. Многоуровневые структуры интегрированных медицинских систем // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1. – С. 122–122.
5. Жияев П.С., Горюнова Т.И., [и др.] Автоматизированные системы для организации профилактических осмотров населения // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1 – С. 126–126.
6. Жияев П.С., Горюнова Т.И. Организация телемедицинской системы Пензенской области // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1 – С. 127–127.
7. Горюнова В.В. [и др.] Использование информационных технологий и концептуальных спецификаций при оценке качества жизни населения // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №5–1. – С. 130–131.

УДК 621: 004.9

АНАЛИЗ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ И МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

¹Горюнова В.В., ¹Горюнова Т.И., ²Кухтевич И.И., ¹Шубин И.И.

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, e-mail: gvv17@ya.ru;

²ГБОУ ДПО «Пензенский институт усовершенствования врачей Минздрава России», Пенза, e-mail: gvv17@mail.ru

В статье приводится классификация причин отказов и неисправностей в образцах рентгенооборудования, могут возникать как при нормальных условиях эксплуатации, и в период экстренных ситуаций. Выделяются группы медико-технических требований для повреждений: слабые, средние, сильные и безвозвратные. Определяются медико-технические причины отказов которые могут возникать при проведении дистанционных рентгенографических исследований в условиях чрезвычайных ситуаций. Предлагается классифицировать подобные отказы на следующие основные группы: проектные, медико-производственные, эксплуатационно-технические, износ, повреждения. Подчеркивается необходимость разработки эргономических требований для использования пультовой аппаратуры, автоматизированных рабочих мест рентгенолаборантов при проведении дистанционных рентгенографических исследований. В процессе эксплуатации могут встретиться и так называемые «пиковые нагрузки» (вызывающие внезапные отказы), предусмотреть которые в процессе проектирования невозможно. Нарушение установленной технологии изготовления деталей, слабый контроль качества и надежности выпускаемой продукции приводят к тому, что на сборку попадают отдельные дефектные детали, которые отказывают в процессе эксплуатации. Грубые производственные дефекты быстро выявляются в процессе заводских испытаний, а мелкие дефекты так же выявляются только в процессе эксплуатации рентгенооборудования в ЛПУ и системах дистанционного телемедицинского консультирования.

Ключевые слова: рентгенографические исследования, дистанционное управление, эргономические требования

THE ANALYSIS OF ERGONOMIC AND MEDICAL-TECHNICAL REQUIREMENTS FOR CARRYING OUT REMOTE RADIOGRAPHICAL RESEARCH

¹Goryunova V.V., ¹Goryunova T.I., ²Kukhtevich I.I., ¹Shubin I.I.

¹Penza state University of technology, Penza, e-mail: gvv17@ya.ru;

²Penza State Institute of Advanced Medical Education, Penza, e-mail: gvv17@mail.ru

The article provides a classification of causes of failures and malfunctions in radiographical equipment samples, which may occur under normal operating conditions and during emergencies. It is formulated a group of medical and technical requirements for damage: weak, medium, strong and irrevocable. Attention is drawn to a medico-technical reasons for failures that may occur during remote radiographic examinations in emergency situations. It is proposed to classify such failures on the following main groups: design, medical-technical, operational and technical, runout, damage. It should be emphasized the necessity to develop ergonomic requirements for control room equipment, computer workstations of roentgen assistant during remote radiographic research. During operation, and can meet the so-called «peak load» (causing sudden failures) are provided in the design process is impossible. Violation of the established technology of the manufacture of parts, poor control of product quality and reliability lead to the fact that the assembly get some defective parts that are denied service. Rough manufacturing defects quickly detected during factory test, and minor defects as revealed only in the operation rengenoborudovaniya in hospitals and remote systems tedemedsinskogo counseling.

Keywords: rengenograficheskie studies, remote management, ergonomic requirements

Анализ состояний образцов медико-технического оборудования. Событие, при котором изделие переходит из исправного состояния в неисправное, называется повреждением (t_n). Событие, при котором изделие утрачивает свою работоспособность, называется отказом ($t_{отк}$). Отказы также могут быть постепенные и внезапные [1,2].

Предельным называется такое состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна. Предельное состояние определяется критериями предельного состояния, т.е. признаками или совокупностью признаков, устанавливаемых в технической докумен-

тации. В качестве критериев предельного состояния изделий используются предельные параметры изделий – $X_{пр}$. Перечень (совокупность) этих параметров (критериев) приводится в Инструкции по эксплуатации конкретных образцов, в виде «Перечня обязательных проверок технического состояния изделия».

Кроме предельных параметров $X_{пр}$ применяются иногда и другие критерии предельного состояния изделий.

Анализ и характеристика отказов и неисправностей рентгенооборудования. В процессе эксплуатации в металлах, сплавах, пластмассах и других материалах на-

капливаются необратимые изменения, которые нарушают прочность, координацию и взаимодействие деталей и являются причиной отказов. Износ деталей происходит, в основном, во время работы изделия, а старение – при хранении.

«Электрон» по своему функциональному назначению состоит из ниже перечисленных модулей:

- Телеуправляемого стола-штатива OPERA с установленными на нем рентгеновским излучателем, электронно-оптическим преобразователем УРИ, экспонометром (ионизационной камерой) и измерительной камерой дозиметра (см. рисунок);

- Шкафа с электронными блоками ТСШ OPERA;

- Генератора высоковольтного среднечастотного генератора PROVARIO;

- Стойки с блоком обработки сигнала (БОС) усилителя рентгеновского изображения УРИ и черно-белого телевизионного монитора;

- Переговорного устройства.

- Рабочего места рентгенолаборанта, в которое входят дистанционный пульт управления КРТ (объединяющий в себе пульта управления ТСШ, УРИ и РПУ), АРМ-1, оборудование переговорное устройство.

- Компьютерного шкафа АРМ, в котором установлены сервер, рабочая станция, источник бесперебойного питания, сетевой коммутатор, а также переключатель монитора, клавиатуры и мыши.

Отказы и неисправности в образцах рентгенооборудования, предназначенных для проведения дистанционных исследований могут возникать как при нормальных условиях эксплуатации, так и в период экстренных ситуаций. По степени сложности повреждений и по возможности их устранения в различных ремонтных органах различают четыре группы повреждений: слабые, средние, сильные и безвозвратные.

Различные виды отказов могут возникать в изделиях по разным причинам. Причины отказов могут быть разбиты на следующие основные группы:

- ошибки при проектировании (конструктивные недоработки);

- производственные дефекты;

- нарушение правил и режимов эксплуатации;

- износ и старение материалов;

- сильные механические повреждения.

При проектировании изделий все детали и узлы рентгенографического комплекса рассчитываются на прочность с учетом нагрузок, которые могут встретиться в процессе эксплуатации. Часто эти нагрузки носят случайный характер и могут быть описаны некоторым законом распределения. Прочностные свойства материалов (предел прочности, предел текучести и т.п.) имеют некоторое рассеивание и могут быть описаны также некоторым законом распределения. В настоящее время разрабатываются методы прочностных расчетов с учетом закона



Телеуправляемый стол-штатив OPERA

распределения внешних нагрузок и прочностных свойств материалов. Однако заранее учесть все возможные нагрузки не всегда удастся. Поэтому, встречаются отказы по причине конструктивных недоработок. Грубые ошибки при проектировании выявляются и устраняются в период приемки и испытаний изделий на заводе. Мелкие конструктивные недоработки выявляются только в процессе эксплуатации изделий в ЛПУ.

В процессе эксплуатации могут встретиться и так называемые «пиковые нагрузки» (вызывающие внезапные отказы), предусмотреть которые в процессе проектирования невозможно. Нарушение установленной технологии изготовления деталей, слабый контроль качества и надежности выпускаемой продукции приводят к тому, что на сборку попадают отдельные дефектные детали, которые отказывают в процессе эксплуатации. Грубые производственные дефекты быстро выявляются в процессе заводских испытаний, а мелкие дефекты так же выявляются только в процессе эксплуатации рентгенооборудования в ЛПУ и системах дистанционного телемедицинского консультирования [3–6].

Для каждого рентгенографического комплекса устанавливаются ограничения на условия эксплуатации, разрабатываются инструкции по эксплуатации. Нарушение правил эксплуатации приводит к преждевременным отказам.

В настоящее время пультовая аппаратура, рабочие места операторов, органы управления сложными системами проектируются с учетом основных требований эргономики (инженерной психологии) [7–9].

При этом учитываются психофизиологические возможности человека и правильно распределяются функции между человеком и машиной. Если все требования эргономики выполнены, то нарушение правил эксплуатации может быть следствием только слабой выучки и нетребовательности обслуживающего персонала. Особенно важно выполнение этих требований при проведении профилактических осмотров населения [10]

Заключение

Невыполнение требований эргономики при проектировании изделий приводит к значительному усложнению правил эксплуатации, которые среднетренированный человек просто не в состоянии выполнить. В этом случае причиной отказов следует считать не нарушение правил эксплуатации, а конструктивные недоработки самого рентгенографического оборудования.

Список литературы

1. Горюнова В.В. Онтологический подход к проектированию систем технического обслуживания // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 12. – С. 24–29.
2. Горюнова В.В. Использование модульных онтологий при создании центров обработки данных медицинского назначения // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2011. – № 1. – С. 300–303.
3. Жилев П.С., Горюнова Т.И. Проект развития сети телемедицинского консультирования для решения задач лечебной профилактики и диагностики // 5 межрегиональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов «инновационные технологии в экономике, информатике, медицине и биотехнологиях»: тезисы докл. конф. (Пенза, ПГТА, 8–9 ноябр. 2012 г.). – 34–37.
4. Горюнова Т.И. Социологические аспекты исследований по оптимизации внедрения технологий телемедицины // Современные наукоемкие технологии. – 2013 — №8–1 – С. 67–68.
5. Жилев П.С., Горюнова В.В. Проект регионального центра телемедицинского консультирования // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8–1. – С. 68–68.
6. Горюнова В.В. [и др.] Особенности проектирования интегрированных медицинских систем на основе концептуальных спецификаций // Фундаментальные исследования. – 2013 — №11–9 – С. 67–73.
7. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Жилев П.С. Многоуровневые структуры интегрированных медицинских систем // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1 – С. 122–122.
8. Жилев П.С., Горюнова Т.И., [и др.] Автоматизированные системы для организации профилактических осмотров населения // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1 – С. 126–126.
9. Жилев П.С., Горюнова Т.И. Организация телемедицинской системы Пензенской области // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1 – С. 127–127.
10. Горюнова В.В. [и др.] Использование информационных технологий и концептуальных спецификаций при оценке качества жизни населения // Современные наукоемкие технологии. – 2014 — №5–1 – С. 130–131.

УДК 331.436 (574)

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГАРАНТИЙ РАБОТНИКАМ, ЗАНЯТЫМ ВО ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Еселханова Г.А., Танабаева А.Е.

РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства здравоохранения и социального развития Республики Казахстан», Астана, e-mail: us@rniiot.kz

Проведен анализ нормативно-правового регулирования и практического предоставления гарантии, в виде дополнительного трудового отпуска и сокращенного рабочего времени работникам, занятым в неблагоприятных условиях труда. Изучены недостатки предоставления гарантий на примере работников ферросплавного завода, в разрезе профессий. По результатам исследования было известно, что предоставление одинакового количества дней дополнительного отпуска и не сокращение рабочего времени в связи с неблагоприятными условиями труда, является необоснованным, так как влияние вредных и опасных факторов производства которые могут сопровождаться с риском возникновения профессиональных заболеваний и повышенной вероятностью вредного влияния работы на общее состояние здоровья работников различна. Поэтому и меры по уменьшению пребывания их в неблагоприятных условиях труда должны быть разные.

Ключевые слова: вредные условия труда, государственные гарантии, дополнительный трудовой отпуск, сокращенный рабочий день

THE EFFECTIVENESS OF NORMATIVE-LEGAL REGULATION OF LABOR EMPLOYEES INTERESTED IN HARMFUL AND DANGEROUS WORKING CONDITIONS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Esselkhanova G.A., Tanabaeva A.E.

Republican scientific and research Institute of protection on labor of the ministry of healthcare and social development of the republic of kazakhstan, Astana, e-mail: us@rniiot.kz

Take the analysis of normative-legal regulation and practical pledging of security, in the form of additional labour leave and reduced action time to employees interested in adverse working conditions. explored the shortcomings of pledging of security on the examples of the workers of Ferroalloy plant, in the context of professions. According to the research it was known that the provision of the same number of days of additional vacation and no reduction of working conditions, which is unjustified, because the impact of harmful and hazardous factors of production may be accompanied with the risk of occupational diseases and the increased probability of harmful work influence on the of workers is different. Therefore, measures to reduce their stay in adverse working conditions must be different.

Keywords: harmful working conditions, state guarantee, additional working vacation, half day

Известно, что существующий уровень развития техники и технологии не может гарантировать всем работникам надлежащие условия труда и исключить воздействие вредных производственных факторов на организм человека.

В этой связи в целях защиты или смягчения воздействия вредных производственных факторов, работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и опасными условиями труда, используется предоставление ряда гарантий. Одними из них являются дополнительный оплачиваемый трудовой отпуск и сокращенная продолжительность рабочего времени. Считается, что эти виды гарантий предназначены для уменьшения времени пребывания работников во вредных условиях производства и создания дополнительных возможностей для воспроизводства жизненных сил.

В Республике Казахстан данные государственные гарантии устанавливаются согласно Списку производств, цехов, профес-

сий и должностей с вредными условиями труда (далее -Список) [1].

Впервые право на дополнительный отпуск было установлено еще в 1918 году [2]. В том же году Народным Комиссариатом Труда был составлен «список работающих во вредных производствах и на вредных работах вредных производств». До 1960 года, дополнительный оплачиваемый отпуск и сокращенный рабочий день для работников, занятых в неблагоприятных условиях труда, устанавливались отдельными нормативными документами по спискам профессий. Списки профессий первоначально составлялись по предприятиям, а позднее – по отраслям. В 1974 году на основе объединения соответствующих нормативных документов был составлен и утвержден Список, сохранивший значение до настоящего времени.

В соответствии со списком продолжительность дополнительного отпуска дифференцировалась по профессиям и устанавливалась – от 6 до 36 рабочих дней. В случае,

когда вредность работы на производстве уменьшалась или устранялась, по согласованию с Государственным комитетом Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы, ВЦСПС и Министерством здравоохранения СССР, гарантия отменялась, либо продолжительность дополнительного отпуска сокращалась [3].

Списочный подход, верный для своего времени, в настоящее время потерял свою актуальность и перестал соответствовать современным реалиям.

Вместе с тем, в связи с техническим прогрессом, заменой и модернизацией оборудования, внедрением новейших методов и средств коллективной и индивидуальной защиты, развитием дистанционных методов управления процессами не только изменились как условия труда, так и профессиональная структура.

Изменившиеся условия были учтены в Едином тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих (далее – ЕТКС). Однако в Список изменения не были внесены, так что наименования профессий, дающих право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день, остались в действующем Списке без изменений. В результате многие предприятия, которые усовершенствовали технологические процессы, но сохранили штатные профессии, оказались заложниками этих списков.

Только, начиная с 2000 года, Список производств, цехов, профессий и должностей Республики Казахстан, начал корректироваться. Для отдельных категорий работников была снижена продолжительность сокращенного рабочего времени; для работников занятых на горных работах, предприятиях и организациях угольной и сланцевой промышленности, дополнительный отпуск был увеличен на 6 дней, а для работников некоторых профессии и должностей – на 12 и 16 календарных дней, без обоснования изменений результатами научных исследований. Несмотря на внесенные изменения, наименования профессии в Списке не пересматривались.

В итоге, между действующим в республике Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих и Списком производств, цехов, профессий и должностей, сложилось явное несоответствие.

Так, например, сравнительный анализ профессий и должностей ферросплавного производства по Списку и ЕТКС (выпуск №7 раздел «ферросплавное производство») показал, что из 46 профессий работников ферросплавного производства, рассмотренных по Списку лишь 14 профессий (30%)

совпали с наименованиями профессий согласно ЕТКС (выпуск 7), а 32 наименований профессий (70%) вовсе отсутствуют.

При этом в Списке среди профессий работников ферросплавного производства есть такие профессии, которые отсутствуют в наименованиях профессий этого производства в ЕТКС № 7, а в ЕТКС охарактеризованы профессии, которых нет в Списке (например, «аппаратчик по производству ванадия»).

В свою очередь из 31 наименований профессии работников алюминиевого производства, рассмотренных по Списку лишь 18 (58%) совпадают с наименованиями профессий и должностей в ЕТКС (выпуск № 8), а 13 профессий (42%) в ЕТКС отсутствуют. Проведенный анализ профессий работников горной отрасли показывает, что из 82 профессий, рассмотренных по Списку лишь 50 профессий (77%) соответствуют ЕТКС (выпуск № 4, раздел «Общие профессии горных и горнокапитальных работ»), а 32 профессии (23%) в ЕТКС отсутствуют.

Выявленные в ходе сравнительного анализа несоответствия наименований профессий в нормативно-правовых документах, осложняют их практическое использование. Так, например, для того, чтобы обеспечить социальные гарантии, предусмотренные Списком, приходится присваивать неверные наименования, профессиям рабочих, фиксируя несоответствующие приведенным в ЕТКС наименованиям в трудовых книжках работников. В отдельных случаях условия труда работников попадают под различные категории, указанные в Списке, что также затрудняет практическое решение вопросов улучшения условий труда и назначения гарантий.

Помимо установленного несовпадения наименований профессий Списков с ЕТКС, применение Списка как такового, на наш взгляд не отвечает реалиям сегодняшнего дня и на практике, зачастую не совпадают с фактическими условиями труда на том или ином рабочем месте.

К тому же исторически менялась и продолжительность основного ежегодного трудового отпуска. В 1974 году, когда был утвержден Список, она составляла 15 рабочих дней, а в настоящее время составляет не менее 24 календарных дней, что автоматически увеличило продолжительность трудового отпуска работников, занятых во вредных и опасных условиях производства.

В новом Трудовом Кодексе РК, вступившем в силу с 1 января 2016 г., списочный подход к предоставлению гарантий частично сохранен. С одной стороны, дополнительный оплачиваемый ежегодный

трудоустрой (ст. 89) и сокращенная продолжительность рабочего времени (ст. 69) предоставляются работникам на основании результатов аттестации производственных объектов по условиям труда (далее - аттестация) [4]. С другой стороны – в случае не проведения работодателем аттестации, а также по рабочим местам, которые не подлежат аттестации, дополнительный оплачиваемый ежегодный трудовой отпуск и сокращенная продолжительность рабочего времени предоставляется в полном объеме согласно Списку. Вместе с тем, Список, в ходе подготовки нового Трудового Кодекса, был пересмотрен (Приказ от 28.12.2015 г. №1053), однако он ничем не отличается от прежнего.

Кроме того, конкретный механизм зависимости продолжительности дополнительного отпуска и сокращенной продолжительности рабочего времени от подтвержденного аттестацией неблагоприятного воздействия вредных производственных факторов, до настоящего времени законодательно не закреплён.

Это приводит к тому, что на практике продолжительность дополнительных отпусков, несмотря на объективные различия в степени тяжести и вредности труда работников, дифференцируется весьма условно, либо устанавливается одинаково для всех работников.

Это подтверждается результатами анализа условий предоставления гарантий на исследуемых предприятиях.

Так, например, анализ продолжительности дополнительного трудового отпуска, предоставляемого работникам, ферросплавного завода, занятым во вредных и опасных условиях труда, в разрезе профессий показывает, что различным профессиям предоставляется одинаковое количество дней дополнительного отпуска, без учета условий труда.

Анализ условий труда работников завода показывает, что в плавильных цехах (№№1,2,4,6) работники таких профессий, как плавильщики, горновые ферросплавных печей, машинисты разливочных машин, огнеупорщики работают непосредственно в плавильных отделениях цеха и выполняют операции, связанные с подготовкой печей к работе, плавкой, выпуском расплавленных литейных сплавов (расплавов) из печей и их металлургической обработкой (дегазацией, рафинированием, модифицированием и др.). Операции плавки руды в печах сопровождаются выделением конвекционного и лучистого тепла, а также вредных газов (окиси углерода CO, сернистого ангидрида SO₂, окислов азота, диоксида марганца, кремний диоксида и др.). Температура воз-

духа рабочей зоны вышеперечисленных профессий, по степени превышения гигиенических нормативов по вредности оцениваются как вредный 4 степени 3 класса (3.4). В таких условиях труда у работников могут возникнуть выраженные формы профессиональных заболеваний, обостриться хронические патологии и повыситься уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Доказано, что при работе в условиях нагревающего микроклимата класса 3.3, патологические состояния развиваются в среднем через 15,5 лет, а в условиях 3.4 – через 8 лет стажа работы (Руководство Р.2.2.755–99) [5]. Кроме того, с целью защиты временем при работе в условиях нагревающего микроклимата в Руководстве Р.2.2.755–99 даны рекомендации по допустимой продолжительности деятельности работников в течение смены в термическом напряжении, которая не должна превышать от 1 до 7 часов, в зависимости от класса вредности условий труда. Если учесть, что около 90 работников плавильных цехов исследуемого ферросплавного завода заняты в условиях нагревающего микроклимата, с установленным классом вредности условий труда 3.2, 3.3 и 3.4, то необходимо предусмотреть сокращение рабочего дня работникам основных профессий.

Вместе с тем, несмотря на это, на предприятии, работникам вышеперечисленных профессий рабочий день не сокращается, так как сокращение рабочего дня не предусмотрено Списком, а количество дней дополнительного оплачиваемого отпуска, предоставляемых работникам этих профессий завода, составляет 12 календарных дней. Как показывает анализ, величина предоставляемых гарантий на данном предприятии установлена согласно Списку.

Наряду с вышеперечисленными профессиями, такие профессии как машинист крана, контроллер в производстве черных металлов также получают 12 дней дополнительного отпуска. Хотя при сопоставлении характеристик работ данных профессий согласно Единому тарифно-квалификационному справочнику, были выявлены существенные различия. Машинист крана управляет грузоподъемными кранами разных конструкций, оснащенными различными грузозахватными приспособлениями, при выполнении работ по обслуживанию производственного процесса в ферросплавных цехах. Выполняет погрузочно-разгрузочные работы, уборочных и вспомогательных работ при ремонтах металлургических агрегатов. Проверяет правильность крепления тросов грузозахватных приспособ-

блений, регулирует тормоза и действия предохранительных устройств. Выявляет и устраняет неисправности в работе обслуживаемого крана, участвует в его ремонте. Контроллер в производстве черных металлов осуществляет поточный контроль отдельных технологических операций производства и отделки черных металлов и труб, контроль качества угля, шихты, кокса и химических продуктов, промежуточных продуктов, сварных швов труб, качества выпускаемой продукции.

Характер работ и условия труда вышеперечисленных профессии различен. Если плавильщик работает непосредственно вблизи плавильных печей, раскаленных металлов, сплавов, то работа машиниста крана осуществляется в кабине грузоподъемной машины, хотя и сопровождается напряженностью и монотонностью труда, а контроллер в производстве черных металлов занимается разбраковкой, аттестацией и отгрузкой готовой продукции в соответствии с техническими условиями и государственными стандартами и т.д.

Предоставление одинакового количества дней дополнительного отпуска и не сокращение рабочего времени в связи с неблагоприятными условиями труда, считаем необоснованным, так как влияние вредных и опасных факторов производства которые могут сопровождаться с риском возникновения профессиональных заболеваний и повышенной вероятностью вредного влияния работы на общее состояние здоровья работников различна. Поэтому и меры по уменьшению пребывания их в неблагоприятных условиях труда должны быть различны.

Таким образом, проведенный анализ нормативно-правового регулирования и практического предоставления дополнительного отпуска и сокращенной продолжительности рабочего времени работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и опасными условиями труда, свидетельствует о двойственном подходе. Наряду с результатами аттестации допускается предоставление гарантий по Списку. Это приводит к искажению зависимости гарантий от реального воздействия на организм работников вредных и опасных

факторов производства и ухудшает возможности воспроизводства трудовых ресурсов. До настоящего времени не разработан конкретный механизм зависимости продолжительности дополнительного отпуска и сокращенной продолжительности рабочего времени от подтвержденного аттестацией неблагоприятного воздействия вредных производственных факторов, законодательно не закреплён.

Практическое назначение гарантий затрудняет и имеющееся несоответствие между Списком и ЕКТС.

В сложившихся условиях для эффективного управления производственными рисками необходимо устранить имеющиеся в законодательстве двойные стандарты для назначения гарантий, отказаться от назначения гарантий по Списку и обеспечить их предоставление строго в соответствии с результатами аттестации. Установление взаимосвязи и зависимости продолжительности дополнительного трудового отпуска от фактической занятости работника в неблагоприятных условиях труда позволит минимизировать влияние вредных факторов производственной среды, предупредить профессиональные заболевания и тем самым стимулировать приток высококвалифицированных работников на такие рабочие места.

Список литературы

1. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от 28 декабря 2015 года № 1053.
2. Библиотека нормативно-правовых актов Союза Советских Социалистических Республик. [Электронный ресурс]. www.libussr.ru.
3. «Инструкция о порядке применения списка производств, цехов, профессий, и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день» утвержденный Постановлением Совета Министров СССР от 17 июня 1960 г. № 611.
4. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Республики Казахстан от 28 декабря 2015 года № 1057. «Об утверждении Правил обязательной периодической аттестации производственных объектов по условиям труда».
5. Руководство Р.2.2.755–99 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса».

УДК 654.9: 004.89

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**Кутурга В.В.***ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: kvv095@yandex.ru*

Предложена структура интеллектуальной системы видеонаблюдения для предприятий и фирм, распределённых в пространстве. При этом предоставляется возможность удалённого управления, хранения и обработки информации видеонаблюдения. Удалённый доступ возможен как с персонального компьютера, так и с личного смартфона. Стержневой функцией видеонаблюдения является замена присутствия человека на объектах удалённого видеонаблюдения. В связи с этим в состав системы видеонаблюдения включены звенья, выполняющие интеллектуальные функции. Предлагается использование интеллектуального наблюдения, или видео-аналитики не только для решения задач безопасности наблюдаемых объектов, но и для решения задач управления ими. С этой целью перед создаваемой системой видео-аналитики ставится задача накопления информации для последующего принятия решений, опираясь на алгоритмы обработки изображения и распознавания образов а также проведения её интеллектуального анализа без прямого участия человека. Для оценки эффективности работы системы в состав блока «Видеоаналитика» включены математические модели статистической обработки, а также интеллектуального анализа данных.

Ключевые слова: интеллектуальная система видеонаблюдения, видеоаналитика, интеллектуальный анализ данных, математическая модель

INTELLIGENT VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM**Kuturga V.V.***South-Russian state Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novocherkassk,
e-mail: kvv095@yandex.ru*

The structure of intelligent video surveillance systems for companies, distributed in space. This provides the possibility of remote control, storage and processing of video surveillance. Remote access is possible with a personal computer and a personal smartphone. The core function of surveillance is to replace human presence at facilities remote surveillance. In this regard, the structure of the surveillance system included the units that perform intelligent functions. The use of intelligent surveillance, or video Analytics, not only for the safety tasks of the observed objects, but also for the decision of tasks of management. With this goal posed by the system of video analysis the aim is the accumulation of information for subsequent decision-making based on image processing algorithms and pattern recognition as well as conducting intellectual analysis without direct human involvement. To assess the effectiveness of the system of the module «video Analytics» is included mathematical models of statistical processing and data mining.

Keywords: intelligent video, video Analytics, data mining, mathematical model

В настоящее время рост количества предприятий и различных фирм приводит к их объединению и увеличению локального масштаба, что обуславливает необходимость использования средств управления их безопасностью. Среди этих средств наиболее эффективным является разработка и использование адекватных систем видеонаблюдения. Под системой видеонаблюдения понимается комплекс охранного оборудования, выполняющего функции обеспечения постоянного визуального контроля над охватываемым пространством, а также совокупность программных средств, осуществляющих обработку информации, формирующейся в результате работы этого оборудования. Возможность удалённого управления, хранения и обработки видео данных значительно упрощают совместную работу предприятий. Удалённый доступ возможен, как с персонального компьютера, так и с личного смартфона, что значительно увеличивает мобильность систем видеонаблюдения. Ключевой функцией видеонаблюдения является замена непосред-

ственного присутствия человека на объекте возможностью удалённого наблюдения, что привело к появлению проблемы возникновения большого информационного потока, требующего включения в состав систем видеонаблюдения математических моделей, позволяющих вести обработку накопленной информации, осуществлять оценку эффективности работы системы и поддержку решений, принимаемых в процессе управления безопасностью охраняемых объектов. Разрабатываемые математические модели должны включать в себя элементы интеллектуализации в проведении видеоанализа. В современной научной литературе известны разработки математических моделей с элементами интеллектуализации. Так, в [1,2,3,4] предложены варианты построения активных агентов, обладающих свойством целесообразного поведения в процессе принятия управленческих решений. Методы аппроксимации данных в системах идентификации изложены в [5,6]. Автором настоящей статьи предлагается структура интеллектуальной системы видеонаблю-

дения, включающая в свой состав математические модели обработки информации, поступающей с выхода аппаратных средств видеонаблюдения, и позволяющей осуществлять оценку эффективности работы системы.

Постановка задачи. Таким образом, выполнение одной из главных функций видеонаблюдения, состоящей в замене присутствия на объекте наблюдения человека, влечёт возникновение новых проблем, связанных с обработкой возрастающего количества появляющейся в системе наблюдения информации. Это что обусловило необходимость включения в состав системы видеонаблюдения звеньев, выполняющих интеллектуальных функций, частично заменяющих работу управленческого персонала. В данной статье предлагается использование интеллектуального наблюдения, или видео-аналитики, не только для решения задач безопасности наблюдаемых объектов, но и для решения задач управления ими.

Под видео-аналитикой понимается аппаратно-программное обеспечение или технология, использующие методы компьютерного зрения для автоматизированного сбора данных на основании анализа потокового видео. С этой целью перед создаваемой системой видео-аналитики ставится задача накопления информации для последующего принятия решений, опираясь на алгоритмы обработки изображений и распознавания образов а также проведения её интеллектуального анализа без прямого участия

человека. В связи с этим в состав создаваемой интеллектуальной системы видеонаблюдения включены не только аппаратные средства, но и программные инструменты интеллектуального анализа поступающей информации.

Реализация задачи. Выполняемые системой функции декомпозированы на два класса:

- функции, реализуемые аппаратными средствами;
- функции, выполняемые программными комплексами.

В аспекте аппаратных средств предложенной системе предписывается выполнение следующих функций:

- возможность передачи видео и ауди данных;
- отклик на любое действие со стороны пользователя;
- обработка и анализа входящей информации;
- доступ к хранимым видео и ауди данным в любое время.

Функциональная структура системы видеонаблюдения приведена на рис.1.

Комплексом программных средств видеоаналитики предлагается выполнение следующих функций обработки информации и настройки:

- обнаружение объектов;
- слежение за объектами;
- классификация объектов;
- идентификация объектов;
- обнаружение и идентификация ситуаций.

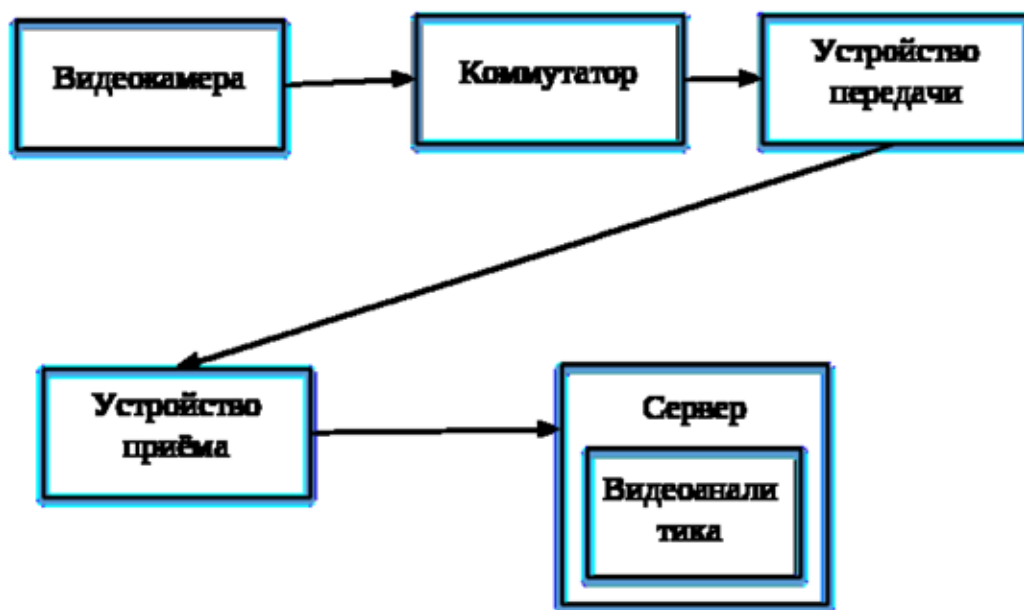


Рис.1. Функциональная структура системы видеонаблюдения

Для оценки эффективности работы системы в состав блока «Видеоаналитика» включены математические модели статистической обработки, а также интеллектуального анализа данных. Статистическая обработка касается определения вероятности обнаружения объектов

$$P = \frac{m}{N},$$

где m – количество обнаружений объектов в N испытаниях. Под интеллектуальным анализом данных (Data mining) понимается обработка информации и выявление в ней моделей и тенденций, которые помогают принимать решения. Это, по сути, извлечение в данных тех знаний, которые необходимы в процессе принятия решений. В аспекте применения интеллектуального анализа данных планируется использования методов поиска ассоциативных правил, позволяющих определять появление часто встречающихся наборов объектов, методов секвенциального анализа, позволяющие идентифицировать часто встречающиеся последовательности объектов, методов кластерного анализа, упорядочивающих объекты в однородные группы.

Результатами работы видео-аналитики являются события в виде сообщений, которые должны быть переданы оператору системы видеонаблюдения или записаны

в видеоархив для последующего. Кроме этого, видео-аналитика формирует оценки эффективности работы системы видеонаблюдения.

Список литературы

1. Стрельцова Е.Д., Матвеева Л.Г., Богомякова И.В. Концепция координатно-структурного управления при моделировании долевого распределения налогов // Государственное и муниципальное управление. Учёные записки СКАГС. – 2016. – №4. – С. 58–68.
2. Стрельцова Е.Д., Богомякова И.В., Стрельцов В.С. Модельный інструментарій міжбюджетного регулювання для шахтарських територій // Науковий вісник національного гірничого університету. – 2016. – №4. – С.123–129.
3. Стрельцова Е.Д., Богомякова И.В., Стрельцов В.С. Модель поведения автоматов в переключаемых случайных средах для принятия решений по межбюджетному регулированию // Вектор науки Тольяттинского государственного университета серия Экономика и управление. – 2014. – №1(16). – С. 71–74.
4. Стрельцова Е.Д., Матвеева Л.Г., Богомякова И.В., Стрельцов В.С. Дискретно-стохастическая модель межбюджетного регулирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №4. – С. 187–189
5. Математическое моделирование: учеб. пособие / Е.Д. Стрельцова; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ). – 2016. – 90 с.
6. Методология научных исследований. Математическое моделирование как метод научного познания: учеб. пособие / Е.Д. Стрельцова; Южно-Российский государственный политехнический университет(НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ). – 2016. – 92 с.

УДК 621: 004.9

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ФЛЮОРОГРАФИЧЕСКИХ И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

²Кухтевич И.И., ¹Горюнова В.В., ¹Горюнова Т.И.¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза,
e-mail: gvv17@ya.ru;²ГБОУ ДПО «Пензенский институт усовершенствования врачей Минздравсоцразвития России,
Пенза, e-mail: gvv17@mail.ru

Рассматривается дистанционное управление всеми функциями рентгенографического комплекса. Подчеркивается, что большое количество автоматических и полуавтоматических режимов позволяют резко увеличить пропускную способность КРТ по сравнению с традиционными комплексами, а при наличии в составе комплекса опциональной автоматизированной системы обработки и архивирования цифровых изображений позволяет практически полностью отказаться от традиционной пленочной рентгенографии. Для всех видов исследований в КРТ используется один и тот же источник рентгеновского излучения – двух-фокусная рентгеновская трубка с повышенной теплоемкостью анода.

Ключевые слова: рентгенографические и флюорографические исследования, дистанционные технологии

MODERN TECHNOLOGY OF FLUOROGRAPHICAL AND RADIOGRAPHICAL RESEARCH

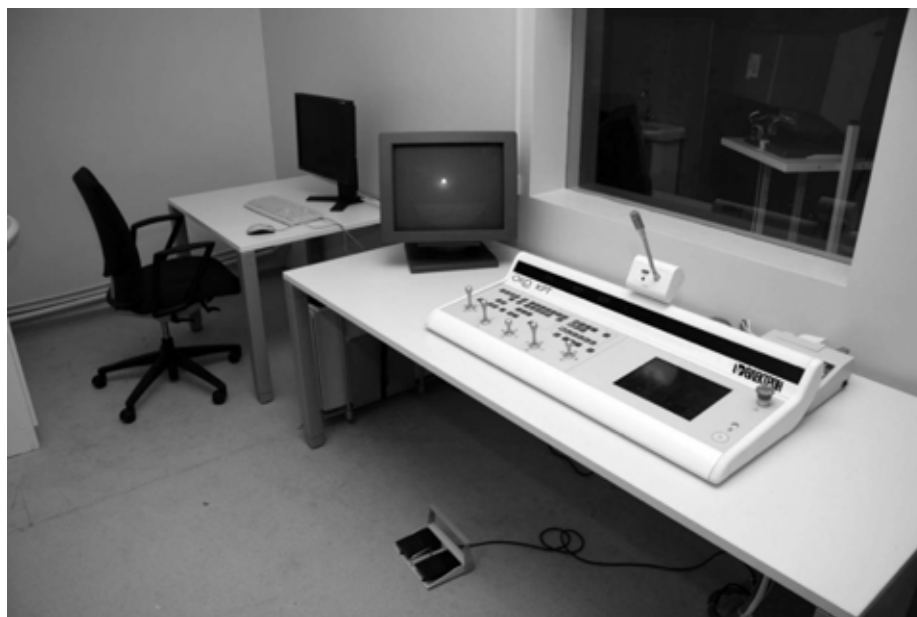
²Kukhtevich I.I., ¹Goryunova V.V., ¹Goryunova T.I.¹Penza state University of technology, Penza, e-mail: gvv17@ya.ru;²Penza State Institute of Advanced Medical Education, Penza, e-mail: gvv17@mail.ru

The article discusses the remote control of x-ray complex functions. It is emphasized that a large number of automatic and semi-automatic modes make it possible to dramatically increase the capacity of long-distance radiographic complex compared to conventional complexes, and in the presence of the complex automated system of processing and archiving of digital images allows to almost completely abandon the traditional radiography. It is clarified that for all kinds of research in the complex remote-controlled x-ray uses the same X-ray source – bifocal x-ray tube with high heat capacity of the anode.

Keywords: radiographical and fluorographical studies, remote technology

При проведении дистанционных флюорографических и рентгенографических исследований в составе телеуправляемых рентгено-

графических комплексов (КРТ) используются автоматизированные рабочие места (АРМ) врача и рентгенлаборанта (рисунок).



Рабочее место рентгенолаборанта

Для управления АРМ используется компьютерный монитор рентгенолаборанта, клавиатура и мышь. Принтер используется для получения твердых копий цифровых снимков [1–3].

Методы и средства проведения дистанционных рентгенографических исследований. Удобное дистанционное управление всеми функциями комплекса, большое количество автоматических и полуавтоматических режимов позволяют резко увеличить пропускную способность КРТ [4–6] по сравнению с традиционными комплексами, а при наличии в составе комплекса опциональной автоматизированной системы обработки и архивирования цифровых изображений позволяет практически полностью отказаться от традиционной пленочной рентгенографии. Для всех видов исследований в КРТ используется один и тот же источник рентгеновского излучения – двухфокусная рентгеновская трубка с повышенной теплоемкостью анода. Созданный трубкой поток рентгеновского излучения проходит через автоматический коллиматор, ограничивающий поле облучения размером применяемой кассеты или выбранным рабочим полем, проходит через исследуемый участок тела пациента и через рентгенопрозрачную деку ТСШ (телеуправляемый стол-штатив), отсеивающий растр и ионизационную камеру попадает на приемник излучения.

При пленочной рентгенографии и томографии приемником излучения служит рентгеночувствительная фотопленка, помещенная в кассету, размещенную внутри ТСШ, а при флюороскопии и цифровой рентгенографии приемником изображения служит входная плоскость. Также возможно выполнение рентгенографических экспозиций с помощью внешней кассеты (без отсеивающего растра). Если в состав КРТ входит пленочная или цифровая вертикальная стойка, то ее можно использовать для выполнения рентгенографии (соответственно, пленочной или цифровой).

Для питания рентгеновской трубки предназначен высоковольтный генератор. Он формирует высокое напряжение для создания электронного пучка внутри трубки, а также напряжение накала и напряжение питания для двигателя раскрутки анода трубки.

Рентгеновская трубка соединена с генератором высоковольтными кабелями и кабелем раскрутки анода. Высоковольтный генератор управляется с помощью пульта дистанционного управления (выполненного в виде сенсорной панели и интегрированного в пульт управления ТСШ), работающего в диалоговом режиме и позволяющего

управлять всеми параметрами генератора как вручную, так и с использованием заложенных автоматических программ, в том числе программ автоматического выбора дозы снимка с использованием в качестве датчика дозы ионизационной камеры.

Генератор соединен интерфейсными кабелями с ТСШ и УРИ для обеспечения автоматической синхронизации работы всех этих устройств.

Пациент для проведения исследования размещается на деке ТСШ. Дека способна поворачиваться вокруг горизонтальной оси, что позволяет производить исследование при вертикальном и горизонтальном положении пациента, а также в положении Тенделенбурга. Для попадания пучка рентгеновского излучения на требуемый участок тела пациента применяется механизм прицеливания, состоящий из перемещаемой в поперечном направлении деки стола и перемещаемых в продольном направлении колонны с рентгеновской трубкой.

Для компрессии абдоминальной области применяется компрессионное устройство, установленное на колонне ТСШ. Кроме исследований в прямой проекции ТСШ позволяет выполнять также и исследования в наклонных проекциях с углом до 40 градусов, при этом производится компенсация параллакса приемника изображения. ТСШ позволяет выполнять также продольную томографию с автоматической регулировкой глубины слоя.

Продольная томография может выполняться при четырех различных углах обзора. Всеми перемещениями ТСШ оператор управляет с помощью пульта дистанционного управления КРТ, работающего в диалоговом режиме.

В случае выполнения импульсной флюороскопии или цифрового снимка поток рентгеновского излучения, прошедший через исследуемый участок тела пациента попадает на входную плоскость, преобразует изображение из рентгеновской в видимую часть спектра. Это изображение фиксируется телевизионной камерой на основе матрицы, подается в блок обработки телевизионного изображения.

Здесь изображение подвергается цифровой обработке, в ходе которой происходит уменьшение влияния паразитного излучения и улучшается соотношение сигнал/шум. По желанию оператора можно выбрать одно из трех рабочих полей, включить одну из трех ступеней шумоподавителя, включить вращение изображения вокруг горизонтальной или вертикальной осей. Кроме того, в УРИ расположена цифровая память, в которой в процессе флюороскопии авто-

матически запоминается последний кадр. Блок УРИ закреплен на подвижной тележке, на ней же установлен черно-белый телевизионный монитор. УРИ оснащен автоматической системой стабилизации яркости изображения, позволяющей ограничивать значения тока и напряжения при флюороскопии на минимальном уровне. Для синхронизации работы УРИ соединен интерфейсными кабелями с высоковольтным генератором и шкафом с электронными блоками ТСШ. Управление УРИ осуществляется с пульта дистанционного управления, интегрированного с пультом дистанционного управления столом-штативом, и размещенного в помещении пультовой.

Заключение. Кроме того, наличие в составе КРТ автоматизированного комплекса обработки и архивирования цифровых изображений и принтера дает возможность хранения цифровых флюороскопических изображений в долговременной памяти комплекса, создавать архивы рентгеновских изображений на DVD-R дисках, а также получать твердые копии рентгеновских изображений.

Для контроля дозы, получаемой пациентом, используется цифровой дозиметр, датчик дозиметра установлен непосредственно на выходном фланце коллиматора.

Для того чтобы рентгенолаборант мог отдавать распоряжения пациенту, размещенному на деке ТСШ, служит переговорное устройство. Таким образом, благодаря пульту дистанционного управления ТСШ и УРИ, пульту дистанционного управления генератором, и переговорному устройству КРТ позволяет проводить рентгеновские исследования из защищенного помещения.

Список литературы

1. Горюнова В.В. Онтологический подход к проектированию систем технического обслуживания // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 12. – С. 24–29.
2. Горюнова В.В. Использование модульных онтологий при создании центров обработки данных медицинского назначения // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2011. – № 1. – С. 300–303
3. Горюнова В.В., Горюнова Т.И., Жилев П.С. Многоуровневые структуры интегрированных медицинских систем // Современные наукоемкие технологии. – 2014 – №5–1 – С. 122–122.
4. Жилев П.С., Горюнова Т.И., [и др.] Автоматизированные системы для организации профилактических осмотров населения // Современные наукоемкие технологии. – 2014 – №5–1 – С. 126–126.
5. Жилев П.С., Горюнова Т.И. Организация телемедицинской системы Пензенской области // Современные наукоемкие технологии. – 2014 – №5–1 – С. 127–127.
6. Горюнова В.В. [и др.] Использование информационных технологий и концептуальных спецификаций при оценке качества жизни населения // Современные наукоемкие технологии. – 2014 – №5–1 – С. 130–131.

УДК 654.9: 004

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДОСТУПОМ

Омельченко А.Т.

*ГОУ ВПО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: antonomelchencko@yandex.ru*

Предложена структура системы контроля и управления доступом (СКУД). Составлен список требований, предъявляемых к СКУД, разработана функциональная структура системы. Выполняемые системой функции декомпозированы на основные и дополнительные. Система СКУД в процессе своего функционирования взаимодействует с подсистемами бухгалтерского учёта, видеонаблюдения, сигнализации. В качестве ключевых составляющих СКУД рассматривается система поддержки принятия решений, функционирующая на основе математических моделей. Для оценки надёжности СКУД автором предложены показатели, определяемые на основе применения вероятностных методов.

Ключевые слова: система контроля и управления доступом, система поддержки принятия решений, функциональная структура

THE SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING ON ACCESS CONTROL

Omelchenko A.T.

*South-Russian state Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novocherkassk,
e-mail: antonomelchencko@yandex.ru*

The structure of the monitoring system and managements of access (skud). A list of requirements for ACS, developed a functional structure of the system. Performed by the system functions decomposed into basic and advanced. Access control system in the process of its operation interacts with the subsystems of accounting, surveillance, alarm. As key components of the SCADA system considers the system of support of decision-making, functioning on the basis of mathematical models. To assess the reliability of ACS, the author proposes indicators based on the application of probabilistic methods.

Keywords: control system and access control system, decision support, functional structure

В современных условиях хозяйствования деятельность предприятий и фирм значительно усложнена. Причиной тому является как общее кризисное состояние российской экономики, усугубляющееся развитием инфляции, но и ряд специфических факторов, активизирующих различного вида угрозы безопасности предприятия. К числу субъектов, обеспечивающих защиту предприятия от различного вида угроз, относится комплексная система безопасности, неотъемлемой частью которой является система контроля и управления

доступом. Система контроля и управления доступом (СКУД) – это комплекс программно-аппаратных и технических, организационных средств безопасности, нацеленных на ограничение и регистрацию входа-выхода на заданную территорию объектов (транспортных средств, людей и др.). Под управлением доступом понимается определение возможности субъекта регулировать возможность доступа к определённому объекту. Концептуальная модель контроля и управления доступом предприятия представлена на рис. 1.

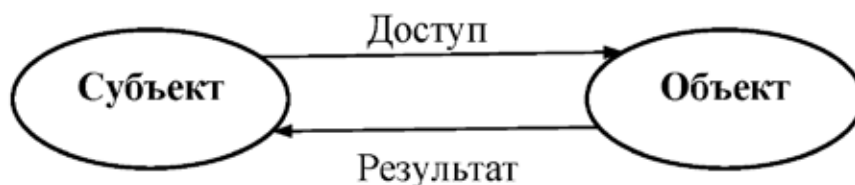


Рис. 1. Концептуальная модель контроля и управления доступом предприятия

К создаваемой системе контроля и управления доступом предъявляются определённые требования:

- осуществление контроля за различными перемещениями персонала или посетителей и управление их входом в помещения;
- организация охраны предприятия от несанкционированного входа, от нанесения вреда имуществу, от всякого рода аварийных ситуаций;
- организация табельного учёта рабочего времени сотрудников.

Принципиальная схема предлагаемой в статье СКУД представлена на рис. 2.

На рис. 2. контроллер разрешает или запрещает проход персонала во время предъявления пропуска или ввода PIN-кода. При этом система может заблокировать или разрешить вход на территорию предприятия. Предполагается выполнение системой основных и дополнительных функций. К числу основных функций относятся:

- регистрация времени прихода и ухода посетителей и сотрудников с целью контроля их присутствия и отсутствия;
- учёт посещаемости объекта клиентами;
- ограничение доступа на заданную территорию;
- идентификация лиц, имеющих доступ на территорию.

Функциональная структура СКУД приведена на рис. 3.

Система управления доступом взаимодействует с подсистемами бухгалтерского учёта и системой безопасности. В связи с этим, кроме основных, предполагается выполнение системой СКУД следующих функций:

- учёт рабочего времени;
- учёт заработной платы.

Выполнение функции «Учёт рабочего времени» осуществляется на основе информации, полученной из подсистемы безопасности.

Одной из главных компонент СКУД является система поддержки принятия решений, построенная на основе применения методов математического моделирования. В современной литературе вопросам создания систем поддержки принятия решений уделено большое внимание. Так, в [1,2,3,4,5] предложены структура и модельный инструментарий, положенные в основу создания и функционирования систем поддержки принятия решений при управлении различными организациями. Автором статьи предполагается создание модельного инструментария для поддержки принятия решений при управлении доступом на основе использования элементов интеллектуализации. В СКУД включён блок оценки надёжности функционирования СКУД. При этом предложено использовать следующие показатели:

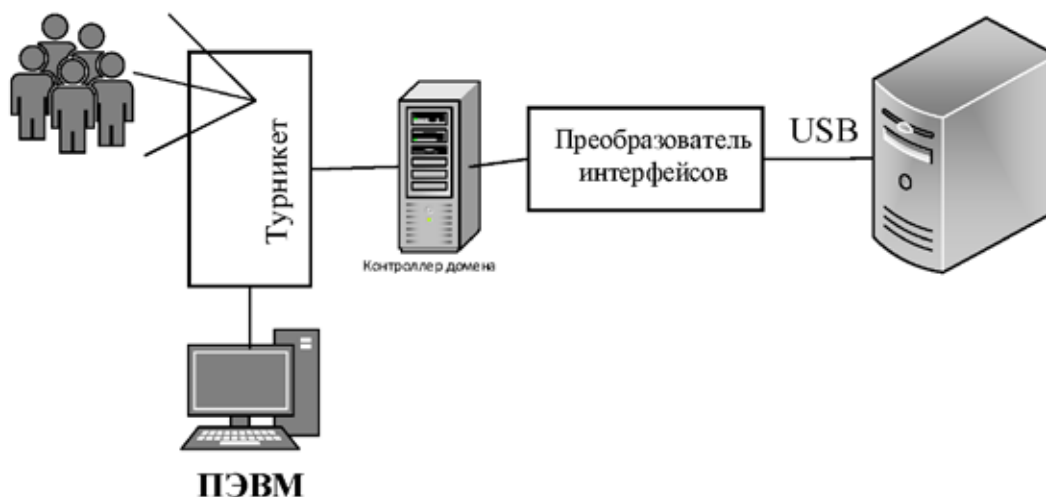


Рис. 2. Принципиальная схема СКУД

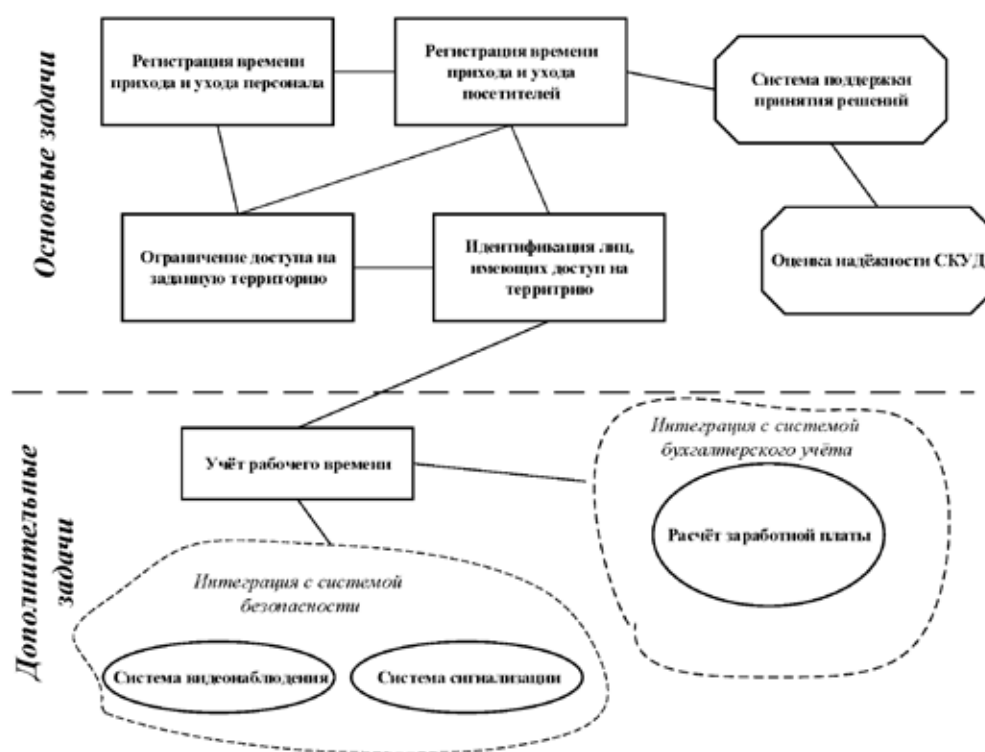


Рис. 3. Функциональная структура системы контроля и управления доступом

– вероятность безотказной работы

$$P(t) = 1 - Q(t),$$

где $P(t)$ – вероятность безотказной работы системы; $Q(t)$ – вероятность появления отказа в течение времени t ;

– вероятность бесперебойной работы

$$\tilde{P}(t) = 1 - \Omega(t),$$

где $P(t)$ – вероятность отсутствия сбоя; $Q(t)$ – вероятность появления сбоя в течение времени t ;

Таким образом, предложенная система управления контролем доступа на предприятии решает не только задачи безопасности и сохранения материальных ценностей, но и многочисленные вопросы учета рабочего времени, оплаты труда и трудовой дисциплины.

Список литературы

1. Стрельцова Е.Д., Богомяткова И.В., Стрельцов В.С. Агентно-ориентированные модели в системе поддержки принятия решений по управлению межбюджетным регулированием // *Економічний вісник Національного гірничого університету*. – 2014. – №2. – С.108–113.
2. Стрельцова Е.Д., Петросян Л.Э. Модельный инструментарий системы поддержки принятия решений по управлению формированием контингента студентов вузов // *Государственное и муниципальное управление: ученые записки СКАГС*. – 2015. – № 4. – С. 10–16.
3. Стрельцова Е.Д., Матвеева Л.Г., Петросян Л.Э. Компьютерная поддержка принятия решений при управлении формированием контингента университетов // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2015. – №8 (часть 1) – С.124–125.
4. Стрельцова Е.Д. Совершенствование инструментов поддержки принятия решений при стратегическом управлении промышленным предприятием // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6.
5. Стрельцова Е.Д., Богомяткова И.В. Агентное моделирование поддержки принятия решений по долевого распределению налогов на мезоуровне // *Сборник научных трудов SWorld*. – Выпуск 3(36). Том 17. – Одесса: Купrienko СВ, 2014. – 112 с.

УДК 663: 664.68

**ПИЩЕВЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА ВИТАЦЕЛЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ВАФЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ****Прянишников В.В., Банщикова Т.А., Шестерова С.В.***ООО «Могунция-Интерпрус», Москва, e-mail: pryanishnikov@moguntia.ru*

Рассмотрены современные технологии производства вафельной продукции с использованием пищевых растительных волокон.

Ключевые слова: вафли, кондитерские изделия, растительные волокна, клетчатка, Витацель

**EDIBLE VEGETABLE FIBER VITACEL IN THE PRODUCTION
OF WAFFLE PRODUCTS****Pryanishnikov V.V., Bانشchikova, T.A., Shesterova S.V.***Moguntia-Interrus, Moscow, e-mail: pryanishnikov@moguntia.ru*

Deals with modern technologies of production of waffle products with food uses of vegetable fibers.

Keywords: wafer, confectionery, vegetable fibers, fiber, Vitacel

Пищевая отрасль, пожалуй, одна из немногих отраслей, которая была, есть и будет развиваться несмотря на проблемы, кризисы и др. неблагоприятные условия.

В настоящее время продолжает активно развиваться производство кондитерских изделий. Достаточно большой сегмент кондитерского рынка занимает вафельная продукция. Ассортимент вафель широк и разнообразен. Листовые вафли используются как полуфабрикат для изготовления вафель с различными начинками, вафельных конфет, вафельных тортов, а также для производства некоторых видов мороженого. Фигурные вафли, в том числе стаканчики, сахарные рожки, сахарные трубочки, конусы, различной формы тарталетки используются не только для мороженого и для оригинальных кондитерских изделий, но и для целей общепита.

Поэтому часто вафельный полуфабрикат является основой для обеспечения хорошего качества конечного продукта. Наиболее часто возникающие пороки качества вафельных изделий – это, прежде всего, ломкость, склонность к намоканию и потере хрустящих свойств, неправильность формы, неоднородность по толщине, заусенцы по верхнему краю и боковым швам изделия, нечеткость гравюры и т.д.

В целях обеспечения населения полноценными сбалансированными продуктами питания необходимо использовать не только традиционное сырье, но и различные культуры, обладающие высокой пищевой ценностью и биологической активностью. На одном из первых мест стоит проблема дефицита клетчатки в питании. По рекомендации ФГБНУ «НИИ питания» суточная

норма потребления клетчатки – около 35 граммов.

Перечисленные проблемы успешно решаются за счет применения натуральных пищевых растительных волокон Витацель. На Российский рынок пищевые волокна Витацель уже более 20 лет поставляет компания «Могунция-Интерпрус».

Пищевые пшеничные волокна Витацель – 100% натуральный продукт, получаемый из вегетативной части пшеницы.

В состав пшеничной клетчатки входят 98% полисахаридов (целлюлозы, гемицеллюлозы). Пшеничные волокна Витацель по органолептическим характеристикам представляют собой нейтральный на вкус и запах органический мелкозернистый порошок белого цвета. Использование «Витацели» в пищевых продуктах, в том числе в вафлях, позволяет декларировать изделия как продукцию лечебно-профилактического назначения.

Многие производители в различных регионах, успешно применяющие Витацель для выработки вафельных листов, стаканчиков, сахарных рожков, сахарных трубочек и др., отмечают высокую технологичность.

Технологические свойства и достоинства Витацель приведены на рис. 1.

При производстве вафель рекомендуется использование пшеничной клетчатки Витацель ВФ 600 или Витацель ВФ 200 в дозировке 1–2% к массе муки. Клетчатка вносится в эмульсию в сухом или гидратированном виде, хорошо перемешивается до гомогенного состояния, затем в два приема с небольшими промежутками между ними на замес подается мука. На 1 кг клетчатки в рецептуру дополнительно вносится 4–5 л воды.

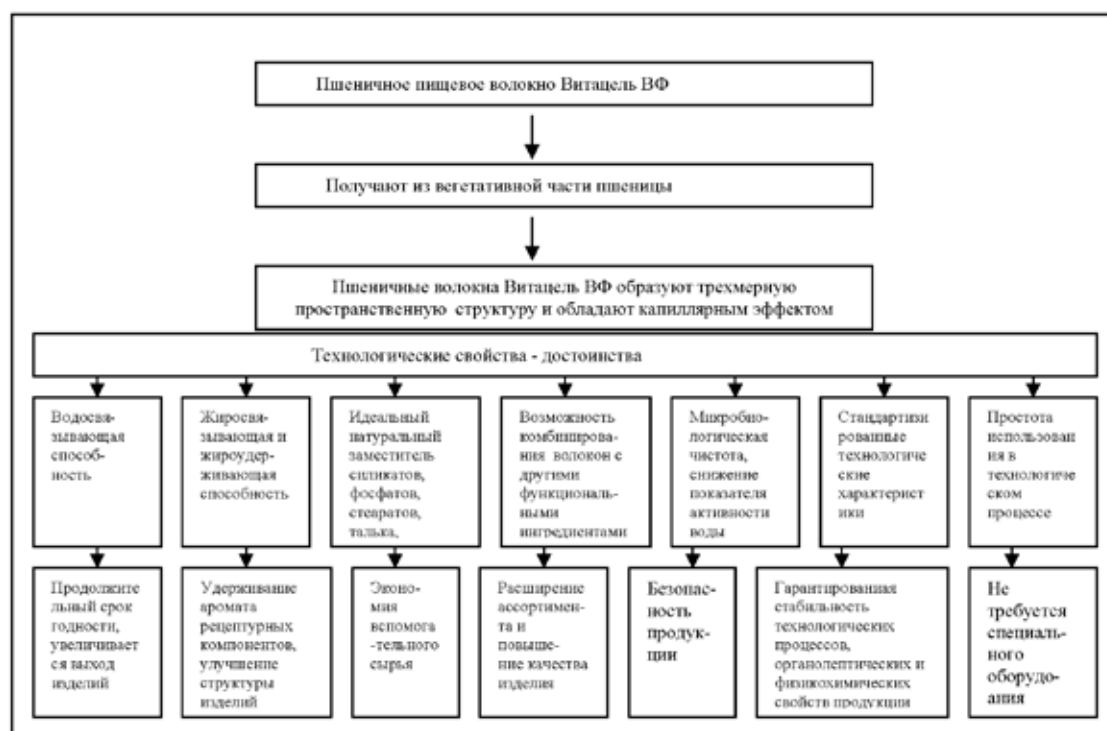


Рис. 1. Технологические свойства и достоинства Витацель при использовании в производстве кондитерских изделий

Главной функциональной особенностью Витацели является ее высокая водосвязывающая и жиропоглощающая способность. Пищевые волокна Витацель инертны по отношению к другим компонентам рецептур, нерастворимы в воде и жире, термостабильны, холодоустойчивы.

Функционально-технологические свойства Витацель основаны на том, что волокна имеют капиллярную структуру и присоединение воды происходит не только по поверхности волокон, но и внутри капиллярных каналов. Влага равномерно распределяется и прочно удерживается в структуре теста и готового изделия. В водной среде через образующиеся водородные связи волокна прочно связываются между собой и формируют жесткий армированный трехмерный пространственный каркас. Образовавшийся каркас способствует улучшению структурно – механических и реологических свойств теста, повышению эластичности, растекаемости по форме. Введение в рецептуру клетчатки Витацель позволяет уменьшить закладку эмульгирующего сырья (ПАВы), частично или полностью убрать яйцо – продукты из рецептуры для стаканчиков, рожков и плоской вафли, снижать количество «отеков» до 7 – 9%, экономить тесто

при выпечке. Структурированное за счет армирования волокон тесто более однородное и светлое по сравнению с контрольным, с улучшенной дисперсностью, пышное, эластичное, с хорошей растекаемостью по плите и повышенной газодерживающей способностью.

Выпеченная вафельная продукция с пшеничными волокнами Витацель более светлая, с равномерной, тонкостенной, развинутой структурой пористости, глянцевой поверхностью, рельефной четкой гравюрой.

Вафельная продукция с клетчаткой имеет отличные хрустящие свойства, нежную структуру, понижающую гигроскопичность, но вместе с тем обладает повышенной прочностью и гибкостью, что крайне важно для рожков и трубочек. Укрепление структурно-механических характеристик вафли понижает количество лома, улучшает адгезионные свойства поверхности изделия, уменьшает расход отделочных полуфабрикатов – глазурей, помад и т.д.

Наличие связанной с помощью клетчатки воды в структуре вафли снижает показатель активности воды, повышая тем самым степень микробиологической устойчивости, а также обеспечивая увеличение выхода готового продукта.

Помимо целого ряда технологических преимуществ, применение Витацели имеет очень важный оздоравливающий эффект.

Актуальность применения клетчатки Витацель напрямую связана с растущим влиянием пропаганды здорового образа жизни. Производители кондитерских изделий проявляют все больший интерес к ориентированным на здоровье продуктам функционального питания.

Согласно Концепции государственной политики РФ в области здорового питания проблема обогащения пищевых продуктов растительными волокнами стоит в ряду первоочередных, поскольку растительная клетчатка является неотъемлемой и обязательной составляющей здоровой пищи людей.

Известно, что дефицит пищевых волокон в рационе питания приводит к дисбалансу метаболических процессов и является фактором риска многих заболеваний: инфаркта, сахарного диабета, ожирения, расстройства пищеварительной системы и др.

Среднесуточная физиологическая потребность человека в пищевых волокнах составляет 30–38 г, в то время как фактически в суточном рационе питания суммарное потребление клетчатки и пектина почти в три раза ниже.

Обогащение продуктов питания растительными волокнами позволяет восполнить их дефицит, скорректировать суточный рацион питания по балластным веществам, производить продукцию пониженной калорийности (рис. 2).

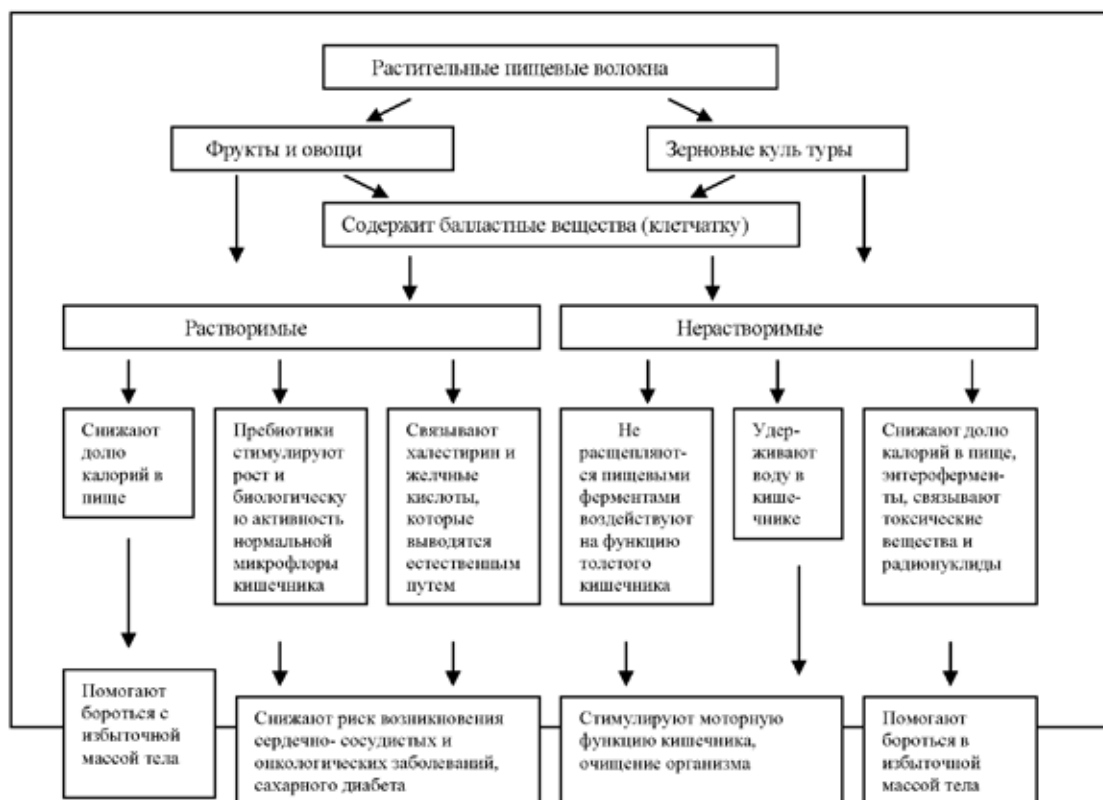


Рис. 2. Функции растительных пищевых волокон в здоровом питании



Витацель не имеет классификационного номера в цифровой системе кодификации пищевых добавок, т.е. ее использование не обязывает производителя к вынесению литеры Е на этикетку готового продукта.

Производство вафель с пищевыми пшеничными волокнами Витацель, с учетом пониженного содержания яйцепродуктов в рецептуре или их полного исключения, а также имеющего место увеличения выхода готового продукта, в конечном итоге снижает себестоимость, улучшает качество и потребительские свойства, обогащает продукцию физиологически полезными натуральными пищевыми волокнами, повышает ее конкурентоспособность.

Многие динамично развивающиеся компании, выпускающие вафельную продукцию, успешно используют пищевые пшеничные волокна Витацель в своем производстве.

Список литературы

1. Пищевые волокна Витацель в хлебобулочных и кондитерских изделиях (монография) / В.В. Прянишников, П. Микляшевски, А.П. Нечаев, В.В. Тарасова. – М., 2009. – 86 с.
2. Боллингер Х., Прянишников В., Банщикова Т., Пищевые волокна «Витацель» – уникальный продукт XXI века. // Пищевые ингредиенты. – 2004. – №1. – С.23 – 24.
3. Скобельская З.Г., Иванова М.П., Янина Л.Н., Прянишников В.В., Гунар Е.В., Рождественская Е.Ю. Растительные пищевые волокна «Витацель» для улучшения качества печенья // Кондитерское производство. – 2004. – №4. – С.2–3.
4. Прянишников В.В. Свойства клетчаток и применение их в технологии мясных продуктов: монография / В.В. Прянишников // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – 2012. – 124 с.
5. Прянишников В.В. Пищевые волокна и белки в мясных технологиях / В.В. Прянишников, А.В. Ильяков, Г.И. Касьянов // Краснодар, – 2012. – 200 с.
6. Пищевые волокна и белковые препараты в технологиях продуктов питания функционального назначения // О.В. Черкасов, Д.А. Еделев, А.П. Нечаев, В.В. Прянишников и др. / ФГБОУ ВПО «РГТУ». – Рязань, 2013. – 160 с.
7. Прянишников В.В. Современные белковые препараты: научные основы производства, способы их введения в пищевые системы: учебно – методическое пособие для высшего профессионального образования / В.В. Прянишников, Н.Н. Толкунова, А.А. Жучков. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – 88 с.
8. Черкасов О.В., Пищевые волокна и белки: научные основы производства, способы введения в пищевые системы / О.В. Черкасов, В.В. Прянишников, Н.Н. Толкунова, А.А. Жучков. – Рязань: изд – во ФГБОУ ВПО РГТУ, 2014. – 183 с.
9. Черкасов О.В. Пищевые волокна и белки: научные основы производства, способы введения в пищевые системы / О.В. Черкасов, В.В. Прянишников, Н.Н. Толкунова, А.А. Жучков. – Рязань: Изд-во ФГБОУ ВПО РГТУ, – 2014. – 183 с.
10. Микляшевски П., Прянишников В.В., Толкунова Н.Н. Использование пищевых волокон «Витацель» в производстве кондитерских изделий // VIII международная научно-практическая конференция «Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг» / Приокский государственный университет. – Орёл: Изд-во ОрёлГИЭТ, 2015. – С.336–339.
11. Узаков Я.М., Прянишников В.В., Касьянов Г.И., Шынгисов А.У., Узаков Е.Я. Технология производства и использование CO₂-экстрактов в пищевой промышленности: монография. – Алматы: Изд-во «Эверо», 2015. – 228 с.
12. Прянишников В.В., Колыхалова В.В. Российские и импортные ингредиенты в инновационных технологиях производства // Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции: материалы I международной конференции по ветеринарно-санитарной экспертизе (Россия. Воронеж. 26–27 ноября). – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2015. – С.18–21.
13. Прянишников В.В., Колыхалова В.В., Глотова И.А., Гиро Т.М., Николаева Ю.В. Пищевые волокна Витацель в технологии полуфабрикатов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 11. – С. 29–30.
14. Прянишников В.В. Могучия: 20 лет успешной работы в России / В.В. Прянишников // Мясная индустрия – 2015. – №9 – С. 50 – 51.
15. Антипова Л.В., Прянишников В.В. Современные технологии ферментированных мясных продуктов // Вестник Воронежского Государственного университета инженерных технологий – 2015. – №3 (65). – С. 91 – 100.
16. Gorlov I.F. . Using the Fiber Preparations in Meat Processing / Ivan Fiodorovich Gorlov, Tatiana Mikhailovna Giro, Vadim Valentinovich Pryanishnikov, Marina Ivanovna Slozhenkina, Aleksandr Vasilievich Randelin, Natali Ivanovna Mosolova, Elena Yurievna Zlobina, Andrey Vladimirovich Kulikovskiy // Modern Applied Science- 2015. – Vol 9, № 9, p. 54 – 64.
17. Прянишников В.В., Левин П.В., Столярова Д.С., Ильяков А.В. Инновационные технологии производства ферментированных мясных продуктов // Технология и товарование инновационных пищевых продуктов. – 2015. – № 6 (35). – С. 77–87.

УДК 004

ОБЗОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Румянцев Е.П.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: rumcve@inbox.ru

С повышением мощностей мобильных устройств стало возможным создавать по-настоящему полезные и многофункциональные приложения. Современные приложения позволяют почти все, они позволяют производить покупку в онлайн-магазинах, обмениваться мгновенными сообщениями и устанавливать видео связь в реальном времени, устанавливать и использовать приложения дополненной реальности, и даже выполнять переводы и оплачивать банковские счета. Все это делает мобильные устройства популярными и поэтому сегодня почти ни один предприниматель или компания не обходится без своего мобильного приложения. В статье рассмотрены основные виды мобильных приложений, их возможные преимущества и недостатки. Рассмотрены средства и онлайн сервисы разработки под различные платформы, а также выполнена их сравнительная характеристика по видам разрабатываемых мобильных приложений.

Ключевые слова: мобильные приложения, виды приложений, средства разработки, конструктор, HTML, CSS, JavaScript, Java, Интернет

REVIEW OF TOOLS FOR MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT

Rumyantsev E.P.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: rumcve@inbox.ru

With increasing power of mobile devices has become possible to create a truly useful and feature-rich application. Modern applications allow almost everything they allow the purchase in the online shops, instant messaging and video to establish real-time communication, install and use applications of augmented reality, and even send money and pay bank accounts. This makes mobile devices so popular and today almost any businessman or a company can not do without their mobile applications. The article describes the main types of mobile applications and their possible advantages and disadvantages. Considered tools and online services development for different platforms and made their comparative characteristics by type of developed mobile applications.

Keywords: mobile applications, types of applications, development tools, designer, HTML, CSS, JavaScript, Java, Internet

За последние пару лет на российском рынке произошла революция в сфере мобильных устройств. В 2015 году по статистике сайта LiveInternet (рис. 1) количество

пользователей, выходящих в Интернет с мобильных устройств превысило количество пользователей, выходящих с персональных устройств [1,2,3].

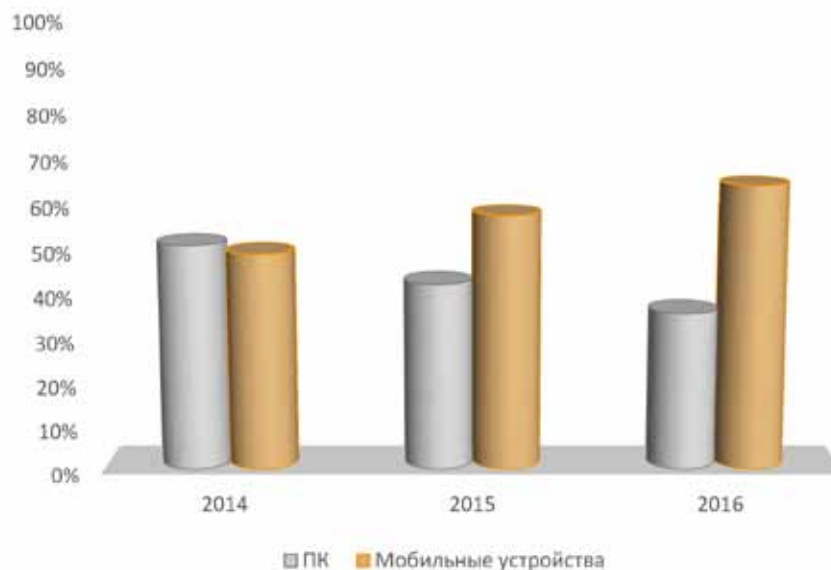


Рис. 1. Статистика пользователей мобильных устройств на ноябрь за последние три года по данным сайта LiveInternet

Это вызвало переход большинства компаний на разработку мобильных приложений, также это повлияло и на сами средства разработки – их количество значительно выросло [4,5].

Но прежде чем выбирать тот или иной инструмент для создания мобильного приложения, необходимо определить какого вида требуется его разработать.

Мобильные приложения можно разделить на четыре типа:

1. Веб-приложения
2. Нативные приложения
3. Гибридные
4. Кроссплатформенные

Веб-приложения

Если приложению не требуется использовать ресурсы устройства и работа в офлайн режиме, то можно рассмотреть реализацию его в виде веб-сервиса. Для его выполнения пользователю необходимо открыть браузер на устройстве и ввести определенный адрес [6,7].

Такой вариант целесообразно использовать, когда приложению требуется постоянное Интернет-соединение, и нет особых требований к графике или аппаратным средствам устройства.

Для разработки такого типа приложений используются такие языки программирования, как HTML, CSS и JavaScript. На HTML составляется разметка для элементов интерфейса приложения, на CSS описывается визуальное оформление, а на JavaScript реализуется логика самого приложения [8].

К основным преимуществам веб-приложений можно отнести:

- Большой охват платформ;
- Сокращение совокупного времени разработки;
- Огромное количество специалистов.

К недостаткам можно отнести следующие:

- Низкую производительность и ресурсоемкость разрабатываемого приложения;
- Невозможность использования аппаратных возможностей мобильных устройств.

Нативные приложения

В отличие от веб-приложений нативные – это приложения, использующие аппаратные средства и функции мобильного устройства, например, такие как: камера, акселерометр, гео-датчики, обращение к файловой системе, трехмерная графика и многое другое [9].

Производительность нативных приложений значительно выше, по сравнению

с веб-приложениями, однако падает переносимость с одной платформы на другую.

Основными преимуществами таких приложений являются:

- Высокая производительность разрабатываемого приложения.
- Удобство разработки и отладки.
- Возможность использования аппаратных средств устройства.

К недостаткам можно отнести:

- Слабый охват платформ
- Небольшое количество специалистов и более высокие требования, предъявляемые к ним.

Гибридные приложения

Такие приложения совмещают возможности и тех, и других. Компонент отвечающий за отображение веб-страницы встраивается в нативное приложение, позволяя сэкономить время и упростить процесс разработки, а также позволяя использовать аппаратные средства мобильных устройств.

К преимуществам можно отнести:

- Упрощение процесса поддержки платформ за счет переноса части программного кода из одной среды в другую с минимальными изменениями;

- Сокращение времени разработки.

Недостатками являются:

- Необходимость постоянного поиска компромисса между производительностью и кроссплатформенностью.

- Сложность в отладке.

Кроссплатформенные

Различие между гибридными и кроссплатформенными средствами разработки весьма условное. Кроссплатформенные занимают ступень между нативными и гибридными. От первых они берут производительность, так как исходный код компилируется в исполняемый, а от вторых возможность повторного использования кода.

К преимуществам можно отнести:

- Производительность;
- Сокращение времени разработки;
- Переносимость на другие платформы.

Главным недостатком является малое количество специалистов.

Средства разработки

AppGyver Composer – drag-and-drop HTML5 конструктор, в котором можно быстро разработать прототип и экспортировать его код для тонкой настройки вручную. Приложения работают на AngularJS, фреймворке Ionic и все это оборачивается PhoneGap [10].

AngularJS является JavaScript-фреймворком с открытым исходным кодом, разра-

батываемым Google. Предназначен для разработки одностраничных приложений. Его цель – расширение браузерных приложений на основе MVC шаблона, а также упрощение тестирования и разработки [11].

Фреймворк работает с HTML, содержащим дополнительные пользовательские атрибуты, которые описываются директивами, и связывает ввод или вывод области страницы с моделью, представляющей собой обычные переменные JavaScript. Значения этих переменных задаются вручную или извлекаются из статических или динамических JSON-данных [12].

PhoneGap – бесплатный open-source фреймворк для создания мобильных приложений, созданный Nitobi Software. Позволяет создать приложения для мобильных устройств используя JavaScript, HTML5 и CSS3, без необходимости знания «родных» языков программирования (например, Objective-C), под все мобильные операционные системы (iOS, Android, Bada и т. д.). Готовое приложение компилируется в виде установочных пакетов для каждой мобильной операционной системы [13].

Android Studio – это бесплатная среда разработки под операционные системы Android, получившаяся в результате сотруд-

ничества Google и JetBrains. Для написания кода используется язык программирования Java и XML. На Java пишется логика приложения, а на XML составляется пользовательский интерфейс. XML код можно редактировать, как вручную, так и с помощью встроенного визуального редактора [14].

Данная среда является удобным средством разработки мобильных приложений, так как в основе нее лежит интеллектуальный редактор исходного кода, имеет шаблоны программного кода и интеграцию с GitHub (облачное хранилище исходного кода).

Визуальный редактор Android Studio позволяет легко и непринужденно редактировать интерфейс мобильного приложения.

Среда разработки Android Studio (Рис. 2.2.1) состоит из двух основных областей: инспектора проекта или Gradle и области исходного кода. На месте области исходного кода может быть представлено окно визуального программирования. Визуальный редактор сохраняет свой результат в формате XML, а исходный код пишется на языке Java, но также стоит добавить, что если установить средство Android NDK, то появится возможность программирования непосредственно на нативном коде C и C++.

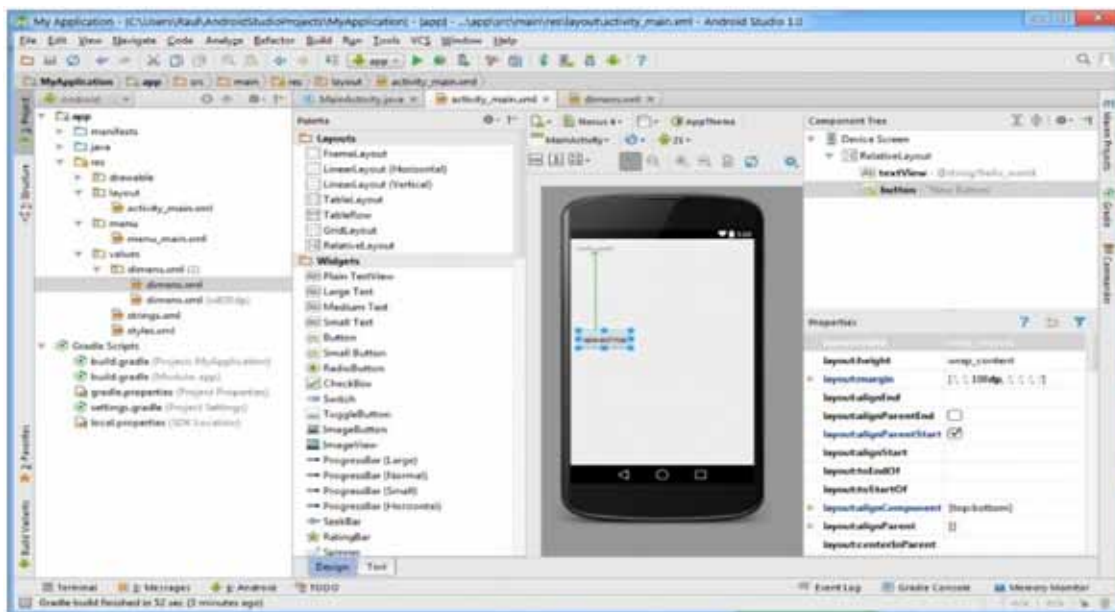


Рис. 2. Интерфейс среды разработки Android Studio

Инспектор проекта может выполнять некоторые действия автоматически, например такие как создание ресурсов под разные разрешения экранов. В нем же подключаются необходимые библиотеки, требующиеся для работы приложения.

Основными преимуществами Android Studio являются:

- Надежная и простая среда разработки.
- Легкость проверки производительности приложения на различных типах устройств.
- Помощники и шаблоны для общих элементов программирования для Android.
- Полнофункциональный редактор с множеством дополнительных инструментов, способствующих ускорению разработки приложений.

Xcode – это пакет инструментов для разработки приложений под Mac OS X и iPhone OS, разработанный Apple. Программный код пишется на языках Objective-C и новый язык Swift, специально разработанный для создания приложений под Mac OS и iPhone OS. На Swift пишется логика, а во встроенном визуальном редакторе составляется интерфейс и выполняется раскладка, код в котором генерируется автоматически без возможности самостоятельного его изменения [15].

Основными преимуществами Xcode являются:

- Полный охват жизненного цикла разрабатываемого мобильного приложения.
- Встроенный симулятор, позволяющий проверить поведение создаваемого приложения.
- Визуальный редактор (дизайнер), позволяющий выполнить раскладку переходов в приложении.

В таблице приведена сравнительная характеристика средств разработки по видам создаваемых приложений.

Сравнительная характеристика средств разработки.

Средство разработки	Вид приложений
AppGyver Composer	Веб-приложения
AngularJS	Веб-приложения
PhoneGap	Гибридные приложения
Android Studio	Нативные приложения
Xcode	Нативные приложения

Таким образом, были рассмотрены существующие виды мобильных приложений, их недостатки и преимущества. Были при-

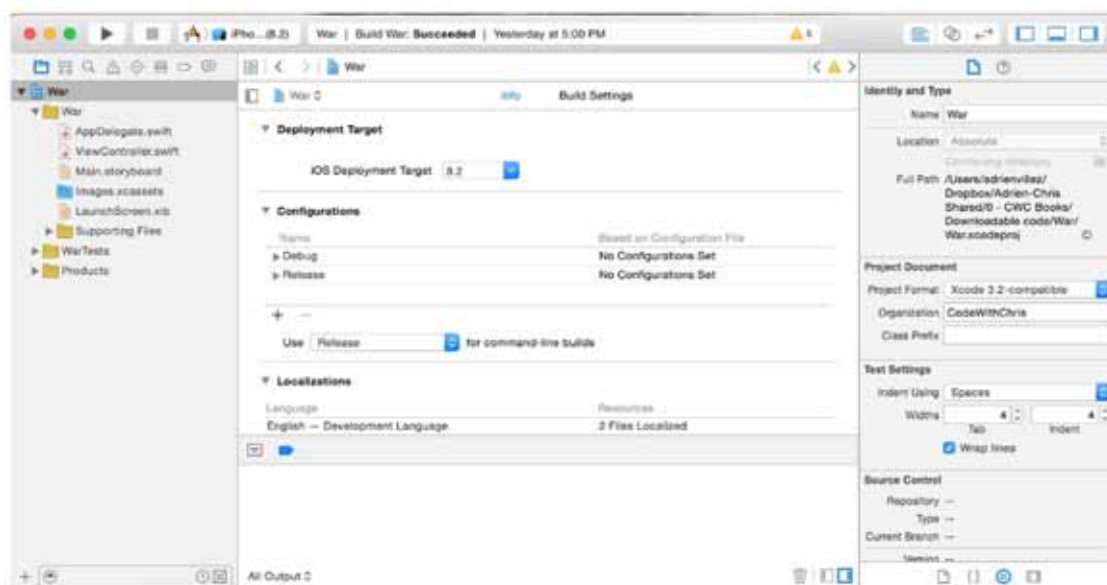


Рис. 3. Интерфейс среды разработки Xcode

ведены некоторые из онлайн сервисов, позволяющих разрабатывать веб-приложения, рассмотрены средства разработки под две наиболее популярные платформы (Android и iOS) и их основные преимущества. А также было выполнено соответствие, приведенных сервисов и сред разработки, по выделенным видам мобильных приложений.

Список литературы

1. Adobe PhoneGap [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://phonegap.com>, свободный.
2. Android Studio [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://developer.android.com/studio/>, свободный.
3. ANGULAR JS by Google [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://angularjs.org>, свободный.
4. AppGyver – Composer [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.appgyver.com>, свободный.
5. Xcode [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://developer.apple.com/xcode/>, свободный.
6. Давлеткиреева Л.З., Назаров В.О., Мусыгина А.А. Разработка технологической модели обработки данных и компонентов сети для КИС // Современные инновации в науке и технике: сб. научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции (17 апреля 2014 года) / редкол.: А.А. Горохов (отв. ред.); В 4-х т., Том 2., Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. – 413 с. – С.17–21.
7. Давлеткиреева Л.З., Скокова И.К. Обоснование инструментальных средств моделирования бизнес-процессов проведения мероприятий с использованием дистанционных технологий // Современные технологии и управление: сб. научных трудов III Международной научно-практической конференции. – Светлый Яр.: Филиал ФГБОУ ВПО Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, 2014. – 714 с.
8. Давлеткиреева Л.З., Скокова И.К. Реинжиниринг бизнес-процесса организации ежегодной международной интернет-конференции-конкурса // Успехи современной науки. – 2015. – №1. – С. 29-32.
9. Давлеткиреева Л.З., Чусавитина Г.Н. Индивидуальная траектория профессиональной подготовки ИТ-специалистов при переходе на стандарт третьего поколения // Перспективы развития информационных технологий. – 2011. – №5. – С. 22–27.
10. Малокова К.В., Назарова О.Б., Давлеткиреева Л.З. Развитие технической инфраструктуры страховой компании // Современные научные исследования и инновации. – 2013. – № 3. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/03/22836> (дата обращения: 23.10.2015).
11. Назарова О.Б., Давлеткиреева Л.З. Интеграция автоматизированных информационных систем в сфере продаж холдинговой компании // Актуальные вопросы научной и научно-педагогической деятельности молодых учёных: сборник научных трудов всероссийской заочной научно-практической конференции / под ред. Е.С. Ефремовой; редкол.: Е.А. Куренкова и др. – М.: ИИУ МГОУ, 2015. – 240 с. – С. 86–96.
12. Савельева Т.А. Анализ типовой информационной и технической инфраструктуры отделов социальной поддержки населения для внедрения АИС «Социальная защита»/Т.А. Савельева, И.Д. Белоусова, Л.З. Давлеткиреева // Современные научные исследования и инновации. – 2013. – № 11 (31). – С. 4.
13. Чумаков, С.Н. Использование веб-аналитики для развития бизнеса в Интернете / С.Н. Чумаков, Л.З. Давлеткиреева // Современные научные исследования и инновации. – 2013. – № 11 (31). – С. 7. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2013/11/28641>.
14. Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З. Всероссийская научная школа для молодежи «Управление информационными ресурсами образовательных, научных и производственных организаций // Управление информационными ресурсами образовательных, научных и производственных организаций Всероссийская научная школа для молодежи / Г.Н. Чусавитина, 2009. – С. 13–31. (дата обращения: 21.02.2015).
15. Швалев И.С., Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З. Сравнительная характеристика автоматизированных инструментальных средств управления информационными рисками // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 11. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18524> (дата обращения: 19.09.2015).

УДК 624.131

К ВОПРОСУ ОБ ОБЪЕКТАХ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАДАСТРА

¹Сенькова Л.А., ²Киселева А.О.

¹ФГБОУ ВО «Уральский аграрный университет», Екатеринбург, e-mail: senkova_la@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул, e-mail: stya_007@ngs.ru

Показана многоплановая роль литосферы как среды существования органической жизни и зоны хозяйствования человека. Обозначены экологические функции литосферы, контролирующие качественные и количественные показатели земельных участков и являющиеся признаками, которые учитываются при экономической оценке территории и определяют ее стоимость, но которые до настоящего времени в кадастре и реестрах не рассматриваются и которые невозможно игнорировать при современной кадастровой оценке и мониторинге земель.

Ключевые слова: экологическая геология, земная кора, литосфера, эколого-геологические функции, эколого-геологический кадастр, эколого-геологический паспорт

TO THE QUESTION ABOUT THE OBJECTS OF ENVIRONMENTAL AND GEOLOGICAL INVENTORY

¹Senkova L.A., ²Kiseleva A.O.

¹Ural agrarian University, Ekaterinburg, e-mail: senkova_la@mail.ru;

²Altai State University, Barnaul, e-mail: stya_007@ngs.ru

The role of sial as environments of existence of organic life and zone of management of man is shown. The ecological functions of sial, supervisory the quality and quantitative indexes of lot lands and being signs that is taken into account at the economic evaluation of territory and determine her cost, mark, but that to present tense in a cadastre and registers is not examined and that it is impossible to ignore at a modern cadastre estimation and monitoring of earth.

Keywords: environmental Geology, earth's crust, lithosphere, environmental, geological, function, environmental, geological cadastre, environmental, geological, passport

Объектом эколого-геологического кадастра является твердая абиотическая составляющая экосистем различных уровней градации, представленная верхними горизонтами земной коры со своими качественными и количественными особенностями, проявляющимися в виде экологических функций, которые участвуют в формировании экологической обстановки окружающей среды и определяют возможную хозяйственную деятельность в пределах территории распространения той или иной природной эколого-геологической системы.

Принципы выделения эколого-геологических систем как объектов кадастра основываются на однородности литосферного компонента, выделяющегося через его ресурсную, геодинамическую, геохимическую, геофизическую и другие функции, обуславливающие экологические условия окружающей среды. Эти функции в совокупности создают направленность природоформирующих процессов и современное состояние экологической обстановки, хозяйственную значимость территории, ее экологическую емкость и комфортность проживания населения.

Эколого-геологические функции той или иной территории являются основными критериями выделения объектов кадастрового учета, так как они играют главную роль

в создании экологических условий территории, но которые пока не учитываются при производственно-хозяйственной и экологической оценке земель.

Происхождение этих функций связано с геологическим строением и особенностью состава доступной наблюдению поверхностной части земной коры, которая в нашем случае сложена в основном рыхлыми четвертичными отложениями, покрывающими территорию в сотни тысяч квадратных километров. Горизонтальные и вертикальные неоднородности отдельных блоков литосферы, порождают разнообразие форм проявлений их экологического влияния на окружающую природную обстановку [1].

Экологические функции литосферы составляют предмет исследований сравнительно молодой научной дисциплины – экологической геологии, изучающей верхние горизонты литосферы как одну из основных неорганических составляющих экосистем высокого уровня организации.

Место экологической геологии в системе наук о земле, ее содержание и логическая структура обоснованы в трудах В.Т. Трофимова и др. и приняты научной общественностью как теоретическая основа эколого-геологических исследований [2; 3; 4].

Теоретический метод экологической геологии объединяет способы познания отдель-

но существующих наук в единую систему, подчиненную решению задач по установлению функционального влияния верхних горизонтов земной коры на экологическую обстановку конкретной территории.

Исходя из вышеизложенного можно сказать, что экологическая геология – это наука, объектами изучения которой являются эколого-геологические системы высшего уровня организации со своими иерархическими подразделениями разного ранга – глобальными, региональными, локальными и др. Под понятием эколого-геологическая система подразумевается множество закономерно связанных друг с другом составляющих ее компонентов, находящихся в причинно-следственных отношениях, которые обеспечивают внутреннее единство системы, имеющее собственную характеристику и свой пространственный объем.

Эколого-геологическая система представляет собой часть экологической системы и является конкретным пространственно-временным объектом кадастра и его элементарной оценочной единицей. Она выполняет функции жизнеобеспечения биоты, в том числе человека.

Научный подход экологической геологии заключается в изучении эколого-геологических систем, установлении характера внутрисистемной и межсистемной взаимосвязи составляющих систему компонентов и, в первую очередь, роли основного абиотического составляющего в виде поверхностных горизонтов земной коры.

Экологические функции зарождаются в форме разнообразных эндогенных и экзогенных геологических процессов, которые выражаются через тектоническое движение земной коры, глубинных перемещений магматического вещества, извержений вулканов, передвижение подземных вод и гидротермальных растворов, процессы метаморфизма и выветривания горных пород, обогащение и разубоживание их химическими элементами, истечение газов, в том числе радиоактивных, изменение рельефа с эрозией и накоплением огромного количества осадочного материала.

Основными факторами, контролирующими геологические процессы в земной коре, являются температура и давление, зависящее от глубины нахождения горной породы и наличия боковых складкообразовательных движений, а также разных по составу гидротермальных растворов.

На земной поверхности господствуют процессы выветривания, эрозия и денудация их продуктов с сезонными и суточными температурными колебаниями, и изменениями влажности, а также состоянием атмосферы.

Внутренняя энергия земли, главным источником которой служат реакция распада радиоактивных веществ, во взаимосвязи с космическими силами – энергией Солнца, взаимным притяжением планет и других небесных тел, питают все земные процессы, влияющие на формирование природной обстановки. Непрерывное поступление энергии, в силу неоднородности литосферы приводит к разным результатам, разным геологическим процессам, проявляющимся на поверхности земли в зоне существования биоты, безусловно оказывает сильное влияние на ее зарождение и развитие. Это влияние, связанное с глубинными геологическими процессами в земной коре, названы учеными МГУ В.Т. Трофимовым и др. экологическими функциями литосферы, под которыми понимается все многообразие экологических функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты, и главным образом, человеческого сообщества [5].

Многоплановую роль литосферы как среды существования органической жизни, как зону хозяйствования человека невозможно игнорировать при современной кадастровой оценке и мониторинге земель. Однако до настоящего времени эти проблемы в кадастре или реестрах не рассматриваются.

Наиболее приближенный по специализации и важный по значению был ранее существовавший земельный кадастр, который содержал свод сведений как о грунтах и почвах различного типа, пригодных и непригодных для возделывания, строительства, о совокупности достоверных и необходимых данных о природном, хозяйственном и правовом положении земель, регистрации и учете количества и качества земель, бонитировке почв и экономической оценке земель.

В настоящее время в Российской Федерации ведется государственный кадастр недвижимости, одним из объектов которого является земельный участок. Одноименный кадастр представляет собой систематизированный свод документированных сведений об объектах государственного кадастрового учета, о правовом режиме земель в РФ, о кадастровой стоимости, местоположении, размерах земельных участков и прочно связанных с ними объектов недвижимого имущества (зданиях, сооружениях, объектах незавершенного строительства, помещениях), а также сведений о границах и зонах. Ни в одном из существующих документов,

касающихся государственного кадастра недвижимости, нет упоминания об экологическом влиянии одного из главных факторов формирования природной среды – экологические функции литосферы, контролирующие качественные и количественные показатели земельных участков и, следовательно, являются признаками, которые учитываются при экономической оценке территории и определяют ее стоимость.

Земля, являющаяся основой всех процессов зарождения и существования биоты и, прежде всего, человека, во всех сферах хозяйственной и экономической деятельности имеет стоимость, зависящая от качественной оценки. Получение достоверной стоимости отдельных участков в условиях становления рыночной экономики в Российской Федерации является важнейшей необходимостью, что достигается использованием предлагаемого эколого-геологического кадастра, содержащего всю необходимую информацию о производственных и экологических возможностях земель с указанием качества сельскохозяйственных угодий, инженерно-геологических параметров и проявлений экологических функций земной коры, приуроченных к конкретным участкам рассматриваемой территории.

В составлении и ведении земельно-учетной документации особую роль играет планово-картографическая документация, которая дает пространственное восприятие объектов государственного кадастра недвижимости и получения количественных показателей. При кадастровой оценке земель используются планы, карты, схемы и картограммы, на которых изображаются границы землевладений и землепользований, показаны границы и площади всех видов земель, данные оценки земель.

Набор планово-картографических документов, необходимых для полной учетной информации, для каждого конкретного территориального образования выбирается в зависимости от поставленных задач и наличия требуемых материалов. Основным документом при ведении эколого-геологического кадастра служит геологическая карта соответствующего масштаба, отвечающего решению поставленной задачи.

Данные государственного кадастра недвижимости призваны обеспечить оценку земель, которая представляет собой процесс определения производительной способности земель [6].

Задачей оценочных мероприятий является представление сельскохозяйственному производству и другим пользователям земель необходимых земельно-оценочных показателей для организации рационально-

го использования и охраны земель, совершенствования технологии и производственных отношений. При кадастровой оценке земель в первую очередь используют комплекс географических показателей: инженерно-геологические условия пригодности территории для строительства – рельеф местности, физико-механические свойства грунтов, характер залегания грунтовых вод, геологические процессы; экологическое состояние земельно-оценочных территорий – степень загрязнения почвы, атмосферы, поверхностных и подземных вод; пространственно-ландшафтные особенности – расположение земельно-оценочных районов по отношению друг к другу, к социально-культурным, рекреационным центрам, наличие открытых водоемов, лесов, гор, высота над уровнем моря и т.д.; социальные характеристики – плотность населения и застройки, структура расселения по национальному и другим признакам.

Географические условия оцениваются по отдельным параметрам, а затем представляются в виде комплексных показателей суммированного влияния совокупности факторов на величину базисных затрат, престижность и стоимость земель. Качественные показатели престижности территории выражаются в относительных показателях. Они определяются методами социологического анализа или экспертных оценок.

Из анализа содержания государственного кадастра недвижимости видно, что геоэкологические проблемы в нем затрагиваются только косвенным упоминанием, а экологические функции литосферы, т.е. экологические возможности влияния верхней части земной коры вообще не учитывались. Однако именно геологические факторы воздействия на окружающую природную среду являются главными в формировании ее экологической обстановки. Поэтому принятие эколого-геологического кадастра существенно обогатит, расширит и разнообразит информационную основу исследований решения проблем рационального природопользования и охраны окружающей природы. Объектом подобного кадастра и площадной его единицей станут эколого-геологические системы со своими экологическими ресурсной, геодинамической, геохимической и геофизической функциями, занимающие определенные территории.

Введение кадастра эколого-геологических систем будет способствовать более точному учету природных ресурсов, в первую очередь минерально-сырьевых, установлению ожидаемых изменений экологической обстановки под воздействием природных

и антропогенных факторов. С другой стороны, эколого-геологический кадастр содержит сведения о глубинных процессах в недрах земли, которые проявляются на поверхности в форме геофизических и геохимических полей, влияющих на формирование экологической обстановки окружающей среды, на условия существования биоты, в том числе комфортность проживания человека.

Эколого-геологический кадастр предусматривает паспортизацию всех природных экосистемных объектов с индивидуальной их характеристикой, что является эффективным методом обобщения и регистрации данных о природных ресурсах для каждого конкретного природно-территориального комплекса.

Эколого-геологический паспорт является регистрационным и информационно-технологическим документом, содержащий основные сведения об объектах кадастровых исследований. Паспортизация объектов эколого-геологического кадастра является единой системой учета состояния геологической среды и ее влияния на окружающую обстановку через экологические функции земной коры.

Паспорт объекта эколого-геологического кадастра содержит сведения о качестве и масштабах экологических функций каждого отдельного объекта исследований, которые позволяют выбрать наиболее рациональный и природосберегающий режим его освоения.

Разработка модели эколого-геологического кадастра позволит комплексно учитывать возможности дальнейшего развития природных экосистем, изменения их состояния и влияния данных процессов на экологическую обстановку внутри системы и за ее пределами как в настоящем, так и в будущем.

Ведение эколого-геологического кадастра осуществляется по единому принципу:

- единство системы и технологии составления эколого-геологического кадастра на всей территории Новосибирского Приобья и прилегающих районов;
- непрерывность пополнения сведений эколого-геологического кадастра об изменяющихся характеристиках объектов учета;
- приоритет эколого-геологической направленности ведения кадастра как комплексного по содержанию;
- сопоставимость и совместимость сведений эколого-геологического кадастра со сведениями, содержащимися в других государственных и иных кадастрах, реестрах, информационных ресурсах.

Главная особенность ведения эколого-геологического кадастра заключается в том,

что объектом выступают экологические условия существования всего живого и хозяйственная деятельность, связанная с эксплуатацией природных ресурсов человеком с учетом экологических функций поверхностной части земной коры. При этом отдельные элементы природной среды находятся во взаимной связи, и, следовательно, изменения в одном из составляющих компонентов вызывает изменения в других. Все это в конечном счете, ведет к изменениям природной среды, условий хозяйствования и развития биоты, и, в первую очередь, человека.

Следует отметить важную особенность природных экосистем как объектов кадастра – их инерционность, что проявляется в более медленном изменении природной среды, чем социально-экономических условий человеческого сообщества. При значительных возможностях экосистем к саморегуляции это обстоятельство приводит к тому, что негативные последствия хозяйственной деятельности человека и природных стихийных явлений проявляются далеко не сразу, нередко через несколько лет или даже десятилетий. Поэтому важное значение в практике природопользования приобретает долгосрочный прогноз последствий воздействия хозяйственной деятельности на естественные экологические системы. Фактологической основой такого прогноза являются сведения, собранные в эколого-геологическом кадастре путем мониторинга эколого-геологических систем, являющихся природными территориальными комплексами.

Под мониторингом эколого-геологических систем понимается система постоянных планомерных наблюдений, оценки, прогноза состояния и изменения эколого-геологической обстановки с целью выработки решений, направленных на обеспечение ее оптимального экологического функционирования и устойчивого развития [2]. Информация, содержащаяся в эколого-геологическом кадастре, является фактической исходной основой мониторинга, по сравнению с которой отмечаются изменения природной обстановки во времени.

Мониторинг эколого-геологических систем в динамике позволяет производить анализ и прогноз их развития, что дает возможность наиболее эффективного использования природных ресурсов с наименьшим отрицательным воздействием на природную среду, а также разрабатывать мероприятия по ее восстановлению и улучшению [7]. Такие анализы и прогнозы необходимы для всех регионов, в том числе и для неосвоенных в настоящее время территорий.

Результаты комплексного эколого-геологического мониторинга, сведенные в специализированном кадастре составляет особую геоинформационную систему, целью которой являются хранение и поиск эколого-геологической информации состояния верхних горизонтов литосферы, ее функциональное влияние на экологию окружающей среды, обработка и оценка полученных данных, прогнозирование характера преобразования и состояния эколого-геологической обстановки и создание системы по управлению экологической ситуацией и устойчивому прогрессивному развитию определенной территории.

Кадастр эколого-геологических систем содержит сведения о пространственном положении и основных свойствах эколого-геологических систем, социально-экономической оценке с учетом экологической ситуации конкретной местности.

Эколого-геологическая система представляет собой составляющую часть экологической системы и является элементарным объектом экологического мониторинга со своей территориальной привязкой. Эколого-геологический кадастр есть результат комплексного мониторинга геологической среды и ее влияния на экологическую обстановку исследуемой территории, представленный сводом комплексных данных, содержащихся в земельном и других кадастрах, дополненных сведениями об экологических функциях литосферы и новыми критериями оценки и мониторинга.

Другая особенность эколого-геологических систем как объекта кадастра и управления в сфере природопользования заключается в том, что рациональное природопользование и охрана окружающей среды представляют собой не только собственно экологическую и социально-экономическую, но также нравственно-этическую проблему. Подобный кадастр содержит реальную основу для воспитания общества в бережном отношении к природе, познании ценности и невозпроизводимости природных ресурсов, в чувствах ответственности за сохранение окружающей среды перед будущими поколениями.

Природно-ресурсный потенциал существующих экосистем во многом определяет цели и задачи управления природопользованием в целом в Российской Федерации и, в частности, на уровне ее субъекта. Важнейшей целью рационального природопользования является обеспечение расширенного воспроизводства естественной основы жизнедеятельности, как нынешнего, так и последующих поколений.

Достижение этой масштабной цели предполагает решение целого ряда тесно связанных между собой задач, среди которых особое место занимает создание экономического механизма экологически устойчивого развития, что обеспечивается определенной информационной базой – эколого-геологическим кадастром.

Поверхностная часть литосферы Новосибирского Приобья, где проводились исследования эколого-геологических функций литосферы, характеризуется в основном рыхлыми и слабосцементированными четвертичными отложениями с отдельными выходами твердых палеозойских пород складчатого фундамента преимущественно в правобережной части относительно р. Оби территории [1]. Применительно к Новосибирскому Приобью и прилегающих районов, а также других регионов Российской Федерации, основными исследованиями следует считать:

- совершенствование системы показателей, и, следовательно, методов оценки природно-ресурсного потенциала эколого-геологических систем, форм и методов их использования;
- создание условий для экологически ориентированных инноваций;
- формирование системы экономических мер по экологизации производства;
- стимулирование рынка экологических услуг, продукции и технологии.

Это обусловлено тем, что все долгосрочные прогнозы в сфере рационального природопользования, равно как и проекты по созданию механизмов, обеспечивающих его реализацию, являются неотъемлемыми элементами соответствующих прогнозов социально-экономического развития.

Эколого-геологический кадастр позволяет учитывать экологические и экономические потребности общества путем реализации собственных задач, а именно:

- изучение природных эколого-геологических систем и их экологических функций;
- обеспечение всех заинтересованных сторон необходимыми сведениями для организации экологически безопасных промышленных и сельскохозяйственных производств;
- составлению прогнозов по рациональному использованию природных ресурсов;
- предотвращению негативного действия сил природного и техногенного происхождения на эколого-геологические системы;
- решению вопросов утилизации и захоронения отходов производства;
- восстановлению и улучшению экологической обстановки территорий, подвергшихся разрушительным стихийным или техногенным воздействиям;

– мониторинг природных и природно-техногенных систем;

– экономическая оценка объекта по экологическим качественным и количественным показателям.

Конечной целью ведения эколого-геологического кадастра является создание благоприятной среды для проживающего здесь населения и существования биоты, для научно-обоснованного и рационального использования природных ресурсов, правильного принятия решений по охране окружающей среды – ограничении, приостановлении и прекращении экологически вредных производств, восстановлении и улучшении экологической обстановки.

Основные цели ведения эколого-геологического кадастра на территории Новосибирского Приобья и прилегающих районов состоят из следующих мероприятий:

- последовательное достижение на каждой конкретной территории

качества среды обитания, отвечающего системе оценок генетического здоровья населения;

- восстановление и сохранение биосферного равновесия,

генетического фонда животного мира;

- экологически безопасное развитие производства и размещения производительных сил;

- предупреждение и уменьшение опасного воздействия природных явлений, техногенных аварий и катастроф;

- решение экологических проблем, межрегиональное сотрудничество в области природоохранной деятельности;

- оздоровление нарушенных экосистем;

- рациональное использование всего природно-ресурсного потенциала;

- разработка и внедрение инновационных технологий освоения природных ресурсов, открытие новых, ныне не используемых в качестве полезных ископаемых,

и расширение сферы использования традиционных видов минерального сырья и других естественных ресурсов.

Такое целенаправленное ведение эколого-геологического кадастра обеспечивает учет и комплексную оценку состояния природной среды, а также осуществлять прогноз направленности ее дальнейшего развития под воздействием и природных, и антропогенных факторов.

Такого типа кадастр представляет собой теоретическую и фактологическую основу рационального природопользования (в первую очередь землепользования), мониторинга временного развития экологической обстановки территории, прогнозирования и регулирования природных и антропогенных процессов с целью максимального сохранения окружающей среды.

Список литературы

1. Жарников В.Б., Ван А.В. Экологические функции литосферы и их значение в кадастровой оценке территории // Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения». – М.: Информационное агентство «Гром», 2006. – С.20–21.

2. Теория и методология экологической геологии / В.Т. Трофимов [и др.]; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 1997. – 368 с.

3. Экологическая геология / В.Т. Трофимов [и др.]; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 2002. – 430 с.

4. Трофимов В.Т. Лекции по экологической геологии. – М.: МГУ, 2005. – 182 с.

5. Экологические функции литосферы / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина [и др.]; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 2000. – 432 с.

6. Жарников В.Б., Ван А.В. Об экологических критериях кадастровой оценки территорий // Международная научная конференция «Гео-Сибирь-2006». Том 2, часть 2. Экономика природопользования и недвижимости, землеустройства, лесоустройства и кадастры. – Новосибирск: СГГА, 2006. – С.14–18.

7. Жарников В.Б., Ван А.В. Мониторинг эколого-геологических систем как объектов кадастра // Труды Международной научной конференции. – «Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем». – М.: МГУ, 2007. – С.181–182.

УДК 004.02/.052: 61

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Шумак К.Д.

ФГАОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань,
e-mail: shumak.kd@ya.ru

Настоящая статья посвящена рассмотрению методов прогнозирования отказов медицинского оборудования, проведён сравнительный анализ и выявлены все плюсы и минусы представленных методов. В условиях экономического кризиса, нехватки бюджета и введения санкций. Необходима система оценки технического состояния оборудования, необходимо чтоб руководство и ответственные лица были оповещены о техническом состоянии и проблемах медицинского оборудования. Необходимость в прогнозировании, обусловлена тем чтоб предотвратить, отказы оборудования, помочь в планировании ремонта и прогнозировании бюджета. Медицинское оборудование – это основа любого современного медицинского учреждения или диагностического центра. В процессе эксплуатации любая, даже самая высококачественная и надёжная техника изнашивается, ломается, и этого избежать нельзя. Ремонтопригодность аппаратуры, а также возможность быстрого и несложного осуществления ремонтных работ один из основных факторов, влияющих на решение о приобретении медоборудования. На данный момент существует большое количество разнообразных методов прогнозирования, у каждого из них есть плюсы, но также и минусы. Для прогнозирования отказа медицинского оборудования выберем оптимальные методы.

Ключевые слова: сравнительный анализ, медицинское оборудование, методы прогнозирования

MATHEMATICAL METHODS FORECASTING FAILURES OF MEDICAL EQUIPMENT

Shumak K.D.

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, e-mail: shumak.kd@ya.ru

This article deals with the failure of forecasting methods of medical equipment, and provides a comparative analysis revealed the pros and cons of the presented methods. In conditions of economic crisis, the lack of budget and the imposition of sanctions. A system of equipment condition assessment, it is necessary to guide and responsible persons were informed about the technical condition and problems of medical equipment. The need for forecasting, due to the fact to prevent equipment failures, to help in the planning of repairs and budget forecasting. Medical Equipment – is the foundation of any modern health care facility or a diagnostic center. In the operation of any, even the most high-quality and reliable equipment wears out, breaks, and this can not be avoided. Maintainability of equipment, as well as quick and simple repair work is one of the main factors influencing the decision to purchase medical equipment. At the moment, there are a large number of different methods of forecasting, each of them has advantages, but also disadvantages. To predict the failure of medical equipment we choose the best methods.

Keywords: comparative analysis, medical equipment, methods of forecasting

Предсказать момент отказа медицинского оборудования, используя контролируемый параметр, за пределы установленного предела, не всегда представляется возможным любым методом прогнозирования, так как любой метод прогнозирования будет является вероятностным. Можно составить прогноз с долей вероятности потери работоспособности. Все методы прогнозирования имеют свои отличительные качества. Процессы, протекающие в медицинском оборудовании, зависят от многих факторов, как от внутренних свойств аппаратуры, а также и от внешних условий. Изменение параметров подчиняется случайным закономерностям, и сами параметры являются случайными величинами.

Разбор методов прогнозирования технического состояния медицинского оборудования начнём с вероятностных методов.

Метод вероятностного прогнозирования

Метод вероятностного прогнозирования, определяет вероятность наступления момента отказа в работе оборудования.

В самых простейших случаях экспоненциальный закон распределения надёжности наступает только когда имеются данные о техническом состоянии медицинского оборудования.

Вероятность безотказной работы определяется выражением временного интервала времени:

$$P = \exp(-t/t_0) = \exp(-\chi t),$$

где t_0 – среднее время безотказной работы;
 $\chi = 1/t_0$ – интенсивность отказов.

Но данный метод нецелесообразен, у него высокий процент погрешности, и низкий процент достоверности данных.

Современные методы используют функции распределения вероятности, параметры которых находятся в заданном диапазоне, в определённый момент времени. Определяющий параметр представляет собой случайную величину U :

$$F_t(U) = [P(U(t) \leq U)].$$

Плотность распределения вероятностей параметра

$$W_i(U) = \frac{dF_i(U)}{dU}.$$

Плотность случайного параметра, U подчиняется, законам распределения зависящих от множества параметров таких как конкретного периода эксплуатации, условий работы аппаратуры или свойств различных элементов медицинского оборудования.

Закон распределения «Вейбулла» позволяет прогнозировать отказы медицинского оборудования.

Закон распределения «Релея» описывает поведение параметров медицинского оборудования с ярко выраженным эффектом старения или износа элементов.

Закон распределения «Пуассона» описывает в нормальный период эксплуатации в ряде случаев наблюдается либо нормальное, либо экспоненциальное распределение плотности вероятностей отказов. Плотность вероятности подчиняется нормальному распределению, то оно описывается выражением:

$$w_i(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i(U)}} \exp\left\{-\left[U(t) - \bar{U}(t)\right]^2 / 2\sigma_i^2(U)\right\},$$

где $\bar{U}(t)$ – математическое среднее значение случайной величины; $\sigma_i(U)$ – ее среднеквадратическое отклонение.

Если параметры берутся не во все моменты времени, а в различные периоды, то непрерывную случайную величину можно заменить дискретной, при этом математическое среднее значение и дисперсия случайной величины определяется по формуле:

$$\bar{U}(t) = \sum_{i=1}^k U_i P_i$$

$$\text{и } \sigma_i^2(U) = \sum_{i=1}^k P_i (U_i - \bar{U})^2,$$

где P_i – вероятность отклонения случайной величины от ее среднего значения.

К недостаткам данного метода относится очень трудоёмкий расчет, который трудно поддаются алгоритмизации. Он требует специальных знаний статистических характеристик медицинского оборудования, что не всегда возможно. Применять аналитические методы расчёта статистических параметров, и пользоваться этими данными не всегда удобно. Снижается достоверность полученных результатов, что приводит к снижению эффективности прогнозной си-

стемы в целом, особенно если данные прогнозирования будут использоваться для коррекции алгоритмов определения текущего технического состояния медицинского оборудования.

Метод численного анализа

Данный метод позволяет прогнозировать состояние медицинского оборудования без учёта вероятности отказа его элементов. Наличие данных о предыдущем состоянии медицинского оборудования является обязательным условием, данного метода. И получается, что с одной стороны, чем больше имеется данных о предыдущем состоянии медицинского оборудования, тем точнее можно предсказать его последующее состояние, а с другой стороны, это избыточность данных которая способствует увеличению количества ошибок в прогнозировании.

Интерес в прогнозировании представляет детерминированная составляющая функции изменения диагностического параметра. Если взять слишком мало экспериментальных данных, то выявление детерминированной составляющей параметра

усложнится, так как не будет компенсироваться случайная составляющая параметра, это приведёт к погрешности в вычислениях. Для прогнозирования часто применяют полиномы «Лагранжа» и «Ньютона».

Методу численного анализа не присущее большинство недостатков, присущих методу вероятностного прогнозирования. Использование метода численного анализа представляется весьма перспективным. Достоверность результатов прогнозирования технического состояния медицинского оборудования, полученных с помощью метода численного анализа, будет более высокой.

Метод отказоустойчивости

MTTF (Mean Time To Failure) – среднее время до отказа описывает ожидаемое время до отказа для невосстанавливаемых системы. MTTF является одним из многих способов оценить надёжность частей аппаратных средств или других технологий. Для того чтобы разобраться вспомним некоторые сведения из математической статистики.

MTBF (Mean Time Between Failures) – среднее время наработки на отказ относится к среднему количеству времени, которое устройство или продукт функции перед отказом. Эта единица измерения включает в себя только оперативное время наработки на отказ и не включает в себя время ремонта,

если предположить, что деталь отремонтировали и снова начинает функционировать, средней наработки на отказ часто используются для проецирования, как вероятно один блок потерпеть неудачу в течение определенного периода времени.

Разницей между этими терминами является то, что в то время как среднее время безотказной работы используется для продуктов, чем могут быть отремонтированы и возвращены в использовании, MTTF используется для невосстанавливаемых изделий. Когда MTTF используется в качестве меры, ремонт не вариант.

Для расчета параметра MTTF используется формула:

$$MTTF = \int_0^{\infty} tf(t)df = \int_0^{\infty} R(t)dt .$$

Для расчета параметра MTBF используется формула

$$MTBF(t) = \frac{t}{N(t)},$$

где t – суммарное время работы; $N(t)$ – наблюдаемое число отказов по времени t .

Чтобы нам получить среднее время ремонта, то его можно рассчитать по формуле

$$MTBDE = MTBF + MTTR .$$

MTTF обычно используется для невосстанавливаемых систем. Среднее время безотказной работы, наиболее хорошо известный термин, как правило, используется для восстанавливаемых систем и также широко используется для случая, когда распределение отказов экспоненциальным. Среднее время между заменами и СБП с запланированными замены применяются для восстанавливаемых систем с планово-предупредительных ремонтов. Среднее время между замены могут быть использованы, чтобы найти оптимальный интервал обслуживания, чтобы минимизировать затраты на единицу времени.

К достоинству метода относится возможность анализа и прогноза развития объекта, не имеющего предыстории.

Недостатки метода низкая достоверность прогнозирования, краткосрочность прогноза.

Подведем итог. Метод численного анализа, как я их вижу – это поразительное синергетическое сочетание красивых и глубоких идей и теорий из разных разделов математики: анализа, теории функций, теории операторов, теории приближений, линейной алгебры и матричного анализа. К достоинствам данного метода можно отнести: высокий

процент достоверности, но к сожалению, данный метод обладает и недостатками: избыточность данных увеличивает процент ошибок прогнозирования, погрешность вычислений, зависящих от внешних факторов.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что, используя соответствующий математический аппарат, возможно на основе диагностических данных оценить не только текущее состояние оборудования, но и произвести прогнозирование его состояния. При этом в качестве математического аппарата целесообразно использовать вероятностный метод и метод численного анализа. Основное отличие этих методов состоит в том, что вероятностный метод учитывает при расчёте вероятности отказа системы в целом вероятности отказов каждого из ее элементов. Численный метод не учитывает вероятности отказов элементов системы, а основывается на анализе предыдущих состояний оборудования. Применение предложенных методов позволит внедрить прогностический принцип управления, а также получить экономический эффект от избежание простоя медицинского оборудования по причине внезапного отказа оборудования.

Автор считает, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты: предложен набор методов прогнозирования значений характеристик оборудования для планирования проведения работ по оценке технического состояния медицинского оборудования для построения системы предложено использовать метод численного анализа.

Список литературы

1. Блинов Н.Н. Проблемы рационального технического оснащения лечебного учреждения // Медицинский бизнес. – 2010. – № 7–8.
2. Кудрявцев Ю.С. Потребность в обновлении медицинского оборудования по заявкам учреждений здравоохранения Санкт-Петербурга в сравнении с оценками по данным АИС ММИ // Медтехника и медизделия. – 2006. – № 3 (32). – С.20–22.
3. Бородушко И.В., Васильева Э.К. Стратегическое планирование и контроллинг, 2006.
4. Яшина Н.И., Роганова С.Ю. Определение результативности расходов на образование для обоснования эффективности использования бюджетных средств // Финансы и кредит. – 2006. – № 21.
5. Белашев В.Ю., Чернова Н.М. Эффективные алгоритмы и программы вычислительной математики. – Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. – 160 с.
6. Ковалев А.В., Трушин Н.Н., Сальников В.С. Прогнозирование технического состояния технологического оборудования // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014.
7. Седуш В.Я., Ченцов Н.А., Ручко В.Н., Сулейманов С.Л. Система прогнозирования сроков отказа деталей механического оборудования. – Донецк: ДонГТУ.
8. Тыртышников Е.Е. Методы численного анализа: Курс лекций. – М.: ИВМ РАН, 2006. – 291 с.