

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В АТОМНОМ ПРОЕКТЕ К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА М.В. КЕЛДЫША

© 2021 г. Н. Г. Афендикова

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

E-mail: keldysh111@gmail.com

Поступила в редакцию 09.11.2020 г.

После доработки 16.11.2020 г.

Принята к публикации 08.12.2020 г.

Участие выдающего учёного и организатора науки академика М.В. Келдыша в создании ракетно-ядерного щита нашей страны долгое время было засекречено. Широкой общественности Мстислав Всеволодович был больше известен как учёный, разрабатывавший теоретические вопросы космонавтики. Теперь, по мере рассекречивания документов по истории Атомного проекта СССР с грифом “Совершенно секретно. Особая папка”, становится очевидной его роль в разработке ядерных и термоядерных зарядов. М.В. Келдыш принимал участие в этом титаническом труде и как руководитель большого коллектива учёных, и как автор многих идей и эффективных вычислительных методов, направленных на скорейшее решение главной задачи – создание ракетно-ядерного щита СССР и обеспечение паритета между сверхдержавами – Советским Союзом и США. В статье анализируются опубликованные документальные материалы, свидетельствующие о степени вовлечённости Мстислава Всеволодовича в работу по советскому Атомному проекту.

Ключевые слова: Атомный проект СССР, академик М.В. Келдыш, расчётные работы, ЭВМ.

DOI: 10.31857/S086958732102002X

Впервые подробно об участии В.М. Келдыша в построении физико-математических моделей ядерного взрыва и последующем их воспроизведении в расчётах рассказал широкой аудитории один из ведущих разработчиков термоядерного оружия академик РАН Ю.А. Трутнев, выступивший на заседании президиума РАН, посвящённом 90-летию Мстислава Всеволодовича, с докладом “М.В. Келдыш и его коллектив в решении атомной проблемы” [1]. Незадолго до этого Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (ВНИИЭФ), где разрабатывалась конструкция первой атомной бомбы РДС-1 и где Юрий Алексеевич долгое время (1960–1980) руководил расчётно-теоретическими работами, начал рассекречивать архивные материалы. Они составили основу теперь уже раритетного многотомного издания “Атомный проект СССР. Документы и материалы”, вышедшего с

1998 по 2009 г. под общей редакцией Л.Д. Рябева. Таким образом, у специалистов появилась возможность по письмам, докладным запискам руководителей, постановлениям Совета министров СССР проследить конкретные задачи, которые решал М.В. Келдыш и его сотрудники. А главное, понять, как он сначала как эксперт, а затем как один из исполнителей Атомного проекта встал в ряд с другими выдающимися учёными и организаторами науки, создавшими систему ракетно-ядерной защиты нашей страны.

Подбор использованных источников не претендует на полное освещение истории создания ядерного оружия и средств его доставки. Из множества документов выбраны те, в которых фигурирует имя Мстислава Всеволодовича и указаны поручавшиеся ему задания в рамках Атомного проекта.

М.В. Келдыша привлекли к расчётам атомного оружия в 1946 г. по инициативе физиков-ядерщиков. В то время он работал начальником отдела в Центральном аэрогидродинамическом институте, совмещая эту должность с обязанностями ведущего отдела механики в Математическом

АФЕНДИКОВА Надежда Геннадьевна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.

институте им. В.А. Стеклова АН СССР (МИАН) и заместителя директора этого института. Тогда же в МИАНе усилили Расчётное бюро, которое возглавлял К.А. Семендяев, создав в нём теоретический сектор под руководством И.М. Гельфанда. Келдыш при этом отвечал за секретные работы в институте.

Первые теоретические исследования, связанные с возможностью использования ядерной энергии лёгких элементов, то есть создания водородной бомбы, начались в СССР в 1945 г. после получения сведений о том, что американцы уже ведут разработку оружия такого типа [2]. Фигурировавшая в разведанных водородная бомба “Super” в нашей стране получила индекс РДС-6 (реактивный двигатель специальный).

Постановление Совета министров СССР от 26 февраля 1950 г. “О работах по созданию РДС-6” [3, с. 283–287] стало первым документом, где были сформулированы решения по созданию термоядерных зарядов, причём сразу в двух вариантах: РДС-6С (“слойка” – в этой схеме термоядерная “взрывчатка” – дейтерий и уран-238 – помещалась чередующимися концентрическими слоями поверх атомного заряда, который играл роль запала для всей конструкции) и РДС-6Т (“труба” – в такой конструкции энергия от взрыва первичного атомного “запала” зажигала термоядерную реакцию в цилиндре с жидким дейтерием). Речь в постановлении шла о теоретических расчётах, ядерно-физических исследованиях и испытаниях изделия, причём с указанием сроков исполнения и ответственных исполнителей работ.

Через год с небольшим, 3 апреля 1951 г., вышло Заключение комиссии о проделанной работе и плане дальнейших работ по РДС-6Т [3, с. 387–390], подписанное Я.Б. Зельдовичем, Ю.Б. Харитоном, И.Е. Таммом и Л.Д. Ландау, в котором в связи с разработкой РДС-6Т упоминалось имя М.В. Келдыша. Комиссия сообщала о полученных результатах и трудностях реализации схемы “труба” – к тому времени группа Ландау ещё не решила вопрос о возможности детонации дейтерия в цилиндре. Комиссия указала на необходимость гидродинамических расчётов, для чего предлагала усилить расчётно-теоретическую базу в МИАНе, привлечь к работе новую группу математиков во главе с М.В. Келдышем и А.А. Дородницким и включить в её состав физиков-теоретиков.

В Протоколе заседания Совета по вопросам КБ-11 (ВНИИЭФ) от 4 апреля 1951 г. [3, с. 390–391], к которому и готовилось заключение комиссии, отмечалось, что её предложения поддержаны. 10 апреля 1951 г. куратор Атомного проекта А.П. Завенягин, И.В. Курчатов и Н.И. Павлов обратились к Л.П. Берии с письмом [3, с. 392, 393],

в котором был сформулирован проект постановления Совета министров СССР о работе по РДС-6Т. Учёные предложили создать группу под руководством академика М.В. Келдыша и члена-корреспондента АН УССР Д.И. Блохинцева для разработки теории детонации дейтерия, в первую очередь газодинамических процессов. В письме подчёркивалось, что “академик Келдыш М.В. является одним из лучших советских механиков и математиков”. В связи с большим объёмом работ по РДС-6Т предлагалось освободить Мстислава Всеволодовича от других обязанностей в Академии наук, а заместителем назначить крупного специалиста по вопросам газодинамики доктора технических наук А.А. Дородницына, переведя его из ЦАГИ в МИАН.

Часто упоминаемое в исторических исследованиях Постановление Совета министров СССР “О работах по РДС-6Т”, вышедшее 9 мая 1951 г. [3, с. 397–401], затрагивает ряд расчётно-теоретических задач и вопросы по конструированию сверхбомбы. Для нас существенны следующие обстоятельства. Во-первых, постановление предписывает создать математическую секцию при Научно-техническом совете ПГУ (Первое главное управление при СНК СССР, на которое были возложены вопросы обеспечения Атомного проекта). На секцию, председателем которой становится М.В. Келдыш, возлагается обязанность научного руководства по разработке конструкций, быстродействующих вычислительных машин, а также методов их эксплуатации. Во-вторых, постановление обязывает организовать в МИАНе отдел прикладной математики для расчётно-теоретических работ по РДС-6Т во главе с М.В. Келдышем. В приложении к постановлению был опубликован Сводный план расчётно-теоретических работ по РДС-6Т, первый пункт которого гласил:

“1. Расчёт основной газодинамической задачи о детонации цилиндрического заряда при заданном законе выделения энергии как функции давления и температуры без учёта переноса энергии излучением и быстрыми частицами:

а) проведение качественного анализа установившегося режима распространения взрыва по цилиндрическому заряду;

б) построение численных методов решения газодинамической задачи”.

Исполнителями этих работ названы М.В. Келдыш и А.А. Дородницын из Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР.

Даты и общее содержание документов, опубликованных в издании “Атомный проект СССР...”, свидетельствуют о том, что контроль за ходом выполнения работ шёл постоянно. Уже 17 июля 1951 г. на заседании Совета по вопросам КБ-11, в работе которого участвовали М.В. Кел-

дыш и Д.И. Блохинцев [3, с. 410–412], Мстислав Всеволодович сообщил: “Начата разработка методики решения нестационарной задачи, в частности, рассматривается вопрос о методике усреднения основных величин, которая позволила бы перейти от уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям” [3, с. 410].

В конце декабря 1951 г. вышло Постановление Совета министров СССР “О плане работ КБ-11 на 1952 г.” [4, с. 373–379], которое касалось создания всей линейки изделий РДС. При этом Первому главному управлению, Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ныне – НИЦ “Курчатовский институт”) и КБ-11 предлагалось сосредоточить основные силы физиков, математиков и конструкторов на проекте РДС-6С, поскольку работы по нему “продвинулись значительно дальше, нежели по изделию РДС-6Т”. Срок изготовления РДС-6Т откладывался до 1 марта 1953 г.

Комиссии в составе Л.Д. Ландау, Я.Б. Зельдовича, М.В. Келдыша, Д.И. Блохинцева и А.Н. Колмогорова поручалось ознакомиться с теоретическими и расчётными работами по РДС-6С и в январе 1952 г. представить в ПГУ заключение. Обратим внимание, что Келдыш выступает здесь в качестве эксперта. В последующих документах ПГУ (письмах, докладных записках), где утверждались заключение комиссии и планы по усилению групп, работающих над РДС-6С, М.В. Келдышу и Д.И. Блохинцеву предписывалось обязательное выполнение расчётно-теоретических работ по РДС-6Т, несмотря на отложенный срок сдачи этого изделия.

О характере работ Келдыша в то время можно судить по письму Б.Л. Ванникова, А.П. Завенягина, И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона, Н.И. Павлова и А.П. Александрова от 15 апреля 1952 г. [3, с. 473–476], адресованному Л.П. Берии, где предлагался проект постановления Совета министров СССР о работах по РДС-6Т. В приложении был изложен План теоретических и расчётных работ по созданию РДС-6Т, в одном из пунктов которого записано: “Разработка методики и решение системы уравнений газовой динамики и кинетики ядерных реакций с приближенным учётом переноса энергии быстрыми частицами” [там же, с. 478] со сроком выполнения 30 декабря 1952 г. Исполнителями этих работ названы Келдыш и Дородницын.

В Проекте докладной записки А.П. Завенягина и И.В. Курчатова “О результатах проверки состояния работ в КБ-11” от 11 декабря 1952 г. [3, с. 561–563] Д.И. Блохинцеву, Н.Н. Боголюбову, М.В. Келдышу, Я.Б. Зельдовичу, И.Е. Тамму и А.Д. Сахарову поручалось проанализировать расчёты мощности РДС-6С, проведённые в группах

А.Н. Тихонова и Л.Д. Ландау, и представить заключение по методам расчёта и полученным значениям тротилового эквивалента. Здесь М.В. Келдыш, наряду с физиками, выступает как эксперт, что говорит о глубине его погружения в задачи Атомного проекта.

Руководство ПГУ с самого начала понимало необходимость использования ЭВМ для расчётно-теоретических работ по атомной тематике, что документально описано, например, в работе [5]. С 1950 г. в Специальном конструкторском бюро № 245 создавалась ЭВМ “Стрела”. 11 апреля 1952 г. вышло Постановление Совета министров СССР “О размещении выделенных Первому главному управлению при Совете министров СССР быстродействующих вычислительных машин...” [6, с. 422, 423]. “Стрелу”, в частности, планировали “прописать” в здании, которое занимал тогда Физический институт АН СССР. В его помещениях предполагалось разместить и расчётно-математическое бюро, в том числе бюро под руководством М.В. Келдыша.

Здесь уместно вспомнить о проявленном интересе математиков к создаваемой в Киеве коллективом С.А. Лебедева малой электронной счётной машине (МЭСМ). 10–11 мая 1951 г. комиссия под председательством М.В. Келдыша присутствовала на демонстрации её макета, а 25 декабря 1951 г. приняла МЭСМ в эксплуатацию.

Представляется важным для истории использования ЭВМ в Атомном проекте письмо Ю.Б. Харитона, И.Е. Тамма, А.Д. Сахарова и Н.Н. Боголюбова А.П. Завенягину от 17 декабря 1952 г. [3, с. 573, 574]. Оно начинается с утверждения: “В настоящее время расчёты лимитируются тем, что скорость работы существующих математических бюро является недостаточной”. Однако уже имеющиеся электронные машины работали по заданиям ПГУ. Речь шла о двух ЭВМ конструкции С.А. Лебедева (МЭСМ и БЭСМ-1) и машине М-1 конструкции И.С. Брука, эксплуатировавшейся в Энергетическом институте АН СССР. В письме указано, что в ближайшее время должна войти в строй большая машина гавка (ПГУ) “Стрела”. И далее отмечено: “Представляется совершенно необходимым принять незамедлительные меры к тому, чтобы, во-первых, использовать существующие возможности ЭВМ для максимального ускорения расчётов, связанных с изделиями, а во-вторых, подготовиться к использованию полной мощности этих машин. В настоящее время нет никакого органа или лица, которому указанный вопрос был бы поручен. Поэтому мы считаем необходимым поручить т. Келдышу М.В. возглавить работу по использованию электронных счётных машин для максимального ускорения расчётов и предоставить ему право распределять задания на всех имеющихся машинах в порядке

их очерёдности” [там же, с. 574]. Несомненно, более подходящей кандидатуры для выполнения этих задач не было. Свою компетентность Мстислав Всеволодович подтвердил работой “Большие счётные математические машины”, написанной в 1952 г. совместно с С.А. Лебедевым [7].

Планы научного руководства ПГУ осуществились, когда 18 апреля 1953 г. по распоряжению Совета министров СССР [6, с. 542–544] было создано Отделение прикладной математики (ОПМ) МИАНа, директором которого стал академик М.В. Келдыш. В 1954 г. в здании ОПМ заработала ЭВМ “Стрела”. В документах ПГУ начала 1953 г. уже прописывается программирование на электронных машинах и, следовательно, расчёты на них.

В Препроводительной записке от 30 января 1953 г. Ю.Б. Харитона Н.И. Павлову к перечню работ, выполняемых институтами Академии наук в интересах КБ-11 [3, с. 601–604], Келдыш назван руководителем работ, проводимых в Математическом институте им. В.А. Стеклова АН СССР по РДС-6Т. Помимо общего руководства, Келдыш и Дородницын стали ответственными исполнителями по п. 3 перечня: “Точный расчёт возникновения детонации в цилиндрическом заряде от итриевого инициатора с учётом передачи энергии квантами и частицами и переменной концентрации реагирующих веществ: а) формулировка уравнений и выбор начальных условий первого варианта расчётов... б) программирование на электронных машинах... в) проведение расчётов” [там же, с. 602, 603].

В Записке “О состоянии и плане работ по РДС-6Т” от 30 января 1953 г. [3, с. 604–609], подписанной Ю.Б. Харитоновым и Я.Б. Зельдовичем, объясняется принцип работы РДС-6Т, описывается конструкция изделия и условия, определяющие возможность его создания. Здесь же представлены работы, выполненные, согласно поставленным задачам, с 1951 г., в том числе упоминаются газодинамические расчёты Келдыша и Дородницына. В результате расчётов, отмечается в записке, удалось построить картину детонации, но режим самоподдерживающегося процесса находится на границе существования с возможностью его затухания. Поэтому, говорится далее, особое значение приобретает проверка и уточнение расчётов для выяснения вопроса об устойчивости детонации. Наиболее прямой путь для этого – расчёт эволюции картины движения, то есть нестационарный счёт. Указывается, что в настоящее время нестационарный счёт целесообразно поручить группе К.А. Семдяева под руководством М.В. Келдыша и сделать это можно только на электронных машинах. Но этим поручения Келдышу не ограничились. Для решения задачи об иницировании незатухающей детона-

ционной волны требуется точный расчёт превращения сферической волны в стационарную, распространяющуюся в цилиндрической трубе. Исполнителем названа группа из МИАНа под руководством М.В. Келдыша. Другое поручение Келдышу было связано с разработкой метода расчёта нестационарных двумерных гидродинамических задач. Это один из пунктов Плана расчётно-теоретических работ по изделию РДС-6Т в приложении к Письму А.П. Завенягина и И.В. Курчатова Л.П. Берии от 29 мая 1953 г. [3, с. 654–663].

Вряд ли когда-нибудь представится возможность познакомиться с результатами всех теоретических исследований и проведённых в то время вычислений. Но подлинник одного рассекреченного документа – отчёта ОПМ МИАН 1954 г. “Решение задачи об осесимметричном движении газа с ударной волной” – хранится в архиве Кabinet-музея академика М.В. Келдыша. Он опубликован в 1985 г. в “Избранных трудах” М.В. Келдыша [8]. Именно в этой работе предложена первая методика расчёта нестационарных двумерных задач газовой динамики. Кроме Мстислава Всеволодовича, в авторский коллектив входили И.М. Гельфанд, Н.А. Дмитриев, К.И. Бабенко, О.М. Локуциевский и Н.Н. Ченцов.

Наконец, в Указании А.П. Завенягина М.В. Келдышу о расчётно-теоретических работах по РДС-6Т от 29 мая 1953 г. [3, с. 667–669] перечислены задачи, которые должны были выполнить в 1953–1954 гг. МИАН, КБ-11 и Теплотехническая лаборатория АН СССР. Заключительная фраза письма – “Прошу Вас обеспечить выполнение перечисленных работ в указанные сроки” – характеризует уровень доверия руководства страны Келдышу, его высокий авторитет и компетентность.

Выборка документов из уникального издания “Атомный проект СССР. Документы и материалы” хотя и не претендует на полноту, тем не менее позволяет адекватно представить степень вовлечённости Мстислава Всеволодовича в работу над созданием термоядерного оружия. Он руководил разработкой численных методов при решении задач газовой динамики и математической физики, занимался математическим моделированием таких процессов и явлений, как диффузия, теплопроводность, вязкость, химические реакции. Созданные Келдышем или при его непосредственном участии приёмы и методы решения этих задач были развиты его учениками и коллегами, заложили основы современной вычислительной математики.

Кроме несомненного таланта, аккуратности, принципиальности, как важнейшую черту М.В. Келдыша коллеги называли скорость восприятия им новых идей. Он был “гением понима-

ния”, отмечали они, и все таланты отдал служению Родине.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.В. Келдыш. Творческий портрет по воспоминаниям современников. М.: Наука, 2002.
2. *Андрюшин И.А., Илькаев Р.И., Чернышев А.К.* “Слойка” Сахарова. Путь гения. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2011.
3. Атомный проект СССР. Документы и материалы. В 3-х томах. Том III. Кн. 1. Водородная бомба. 1945–1956 / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ; М.: Наука, Физматлит, 2008.
4. Атомный проект СССР. Документы и материалы. В 3-х томах. Том II. Кн. 7. Атомная бомба. 1945–1954 / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ; М.: Наука, Физматлит, 2007.
5. *Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В.* Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // Идеи и идеалы. 2016. Т. 1. № 3(29). С. 118–132.
6. Атомный проект СССР. Документы и материалы. В 3-х томах. Том II. Кн. 5. Атомная бомба. 1945–1954 / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ; М.: Наука, Физматлит, 2005.
7. *Лебедев С.А., Келдыш М.В.* Большие счётные математические машины // Архив РАН. Ф. 1939. Оп. 2. Д. 225. Л. 2, 3.
8. *Келдыш М.В.* Избранные труды. Математика. М.: Наука, 1985.