

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель директора по научным работам и инновациям  
Филиала РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина в г. Ташкенте  
д.ф.-м.н., Д.Х. Джумабаев



2025 г.

**ВЫПИСКА**

из протокола №3 от 31 октября 2025 года заседания научного семинара «Современные проблемы математики, физики и информатики» Филиала Российского Государственного Университета нефти и газа (Национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина в г. Ташкенте, Республика Узбекистан.

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

д.ф.-м.н. Р.Т. Зуннунов, доцент Ш.М. Равилов, д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев, д.ф.-м.н. Р.И. Паровик, д.ф.-м.н. А.В. Псху, к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар, к.ф.-м.н. А.Х. Аттаев, к.ф.-м.н. Т.С. Кумыков, к.ф.-м.н. К.У. Хубиев, к.ф.-м.н. Л.М. Энеева, к.ф.-м.н. Е.О. Макаров, к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый, к.ф.-м.н. В.А. Ким, м.н.с. Е.А. Казаков, препод. Г.С. Исраильжанова, м.н.с. Ф.Т. Богатырева, стажер-исследователь А.Х. Хибиев, стажер-исследователь М.С. Ившин, ст. препод. З. Усмонхужаев, ст. препод. К.М. Медетова

**Приветственное слово д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:**

Я рад Вас всех видеть, мы долго отсутствовали, мы продолжаем серию семинаров. Но сначала я хочу также присоединиться к поздравлению, с одной стороны, Арсену Владимировичу, пожелать, конечно, крепкого здоровья и успехов. Но у нас недавно был юбилей у одного из организаторов этого семинара, у Шавката Мугавеевича Равилова, ему исполнилось 75 лет. Я хочу поздравить его с этим юбилеем, пожелать ему крепкого здоровья, успешной работы, процветания и развития кафедры, которую он возглавляет, кафедра математики, информатики. Это филиал нефти и газа Губкина в Ташкенте. Так что на такой приятной ноте, наверное, я думаю, что мы начнем. У нас сегодня докладчик Дмитрий Твердый, научный сотрудник лаборатории электромагнитных излучений, институт космофизических исследований и распространения радиоволн, тема доклада математическое моделирование вариаций объемной активности радона с учетом наследственности.

**ПОВЕСТКА ДНЯ:** Выступление научного сотрудника лаборатории электромагнитных излучений ИКИР ДВО РАН Твёрдого Дмитрия Александровича с докладом «Математическое моделирование вариаций объемной активности радона с учетом наследственности».

**СЛУШАЛИ:** Доклад Твёрдого Д.А.

Докладчик изложил результаты своего научного исследования, посвящённого разработке эредитарных моделей ОАР, алгоритмов решения прямых и обратных задач, а также программному комплексу, их реализующему.

Доклад включал:

- математические эредитарные модели ОАР.
- эффективные параллельные гибридные алгоритмы решения прямых задач для предложенных моделей.
- оценки эффективности и сложности алгоритмов.
- численный алгоритм для решения коэффициентных обратных задач по идентификации параметров модельного уравнения.
- программный комплекс FEVO v1.0 на языке С для ОС GNU/Linux.

Вопрос 1:

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Можно вопрос, Роман Иванович?

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Можно, можно.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Прежде всего, я тоже присоединяюсь к поздравлению с этим прекрасным юбилеем Шавката Мугавеевича. Желаем здоровья, долголетия, успехов во всех начинаниях. А вопросы вот такие. Можно формулу 5 показать? Здесь написано: «выберем степенную функцию памяти вида». Слева функция  $K$  зависит от разности  $t - \tau$ , а справа она только зависит от  $t$ .

Ответ 1:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:**  $\tau$  здесь не должно быть.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Т.е.  $K(t)$  должно быть?

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Либо  $t$  пиши, либо  $t - \tau$ , Дима.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Почему здесь  $K(t - \tau)$ , но вот это мне непонятно. Если вот здесь вы напишите  $K(t)$ , да, тогда вот это будет всё верно.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:**  $\tau$  лишняя здесь,

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** А если  $\tau$  убрать, а если мы вот ядро сюда подставим  $K(t)$  в 4, значит, вместо должно быть  $K(t - \tau)$ .

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Я понял, о чем ты говоришь. Дима, здесь надо в пятом поставить  $t - \tau$ , наверное, а  $\alpha$  оставить от  $t$ , потому что ты у тебя же другой оператор ты рассматриваешь, а не зависит от  $\tau$ .

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Опечатка где-то у меня здесь, видимо.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Тогда надо записать  $K(t, \tau)$ . Вот так тогда можно выход сделать. Здесь, в общем, не свертка должна быть. Иначе не корректно получается.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Да, путаница возникает.

Вопрос 2:

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Вопросов, конечно, много, работа тоже большая, может, всё, что я записал, не буду говорить. Нужно опустить ненужные подробности, но это Роман Иванович тоже, наверное, скажет. В примере, где сложность алгоритма, слишком подробные объяснения. Просто надо сказать, что оценки такие и вот такие. И раз уже про сложность начали, я не понял, у вас там, когда вы не распараллеливаете, сложность  $n^2$  и  $n^3$ ? И когда распараллеливаете, тоже такая сложность получается?

Ответ 2:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да, сложности получаются идентичные, потому что явной схемы неустранимая, последовательная часть есть, и поэтому сложности там всегда получаются линейные.

Вопрос 3:

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** То есть нельзя распараллелить какую-то ее часть алгоритма, и сложность в этой части основная.

Ответ 3:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да, заранее как можно больше параметров вычисляются параллельно и быстро, а есть какой-то кусок, который всегда считается последовательно.

Вопрос 4:

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** Вот еще одно замечание скажу, если можно, рабочий момент, на пользу пойдет. Смотрите, вы картинки показываете, быстро убираете, и потом на другой слайд у вас идёт. Вы говорите: «На рисунке 5 то-то, на рисунке 5 что-то», вот, например, слайд 42, там про 5 рисунок идет речь, а 5 рисунка мы не видим, мы не можем его в голове же держать, нужно, чтобы были рисунок и комментарии были тут же рядом.

И еще, покажите какой-нибудь график решения уравнения переменного порядка. Да, вот это какое уравнение, какой вид имеет?

Ответ 4:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Переменный порядок  $\alpha(t)$ .

Вопрос 5:

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:**  $\alpha(t)$  как изменяется? Какая это функция?

Ответ 6:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:**  $\alpha(t)$  вот на слайде.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:**  $\alpha(t)$  вот такая зависимость, косинус есть. А почему такую выбираете, чтобы она вот как-то возрастала, убывала?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да, чтобы она имела вот такой вид (в) как на рис. 10, потому что изначально они подбирались вручную из соображений о течении процесса.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** Это уже обратная задача когда вы по определению порядка задачу решаете, или нет?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Нет, изначально выбиралась вручную. Потом уже с помощью обратной задачи уточняется её вид.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** Это само  $\alpha(t)$ , а решение где?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Вот на (рис. 10. г)

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** Это  $A(t)$  решение. А решение уравнения какого?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Это решение вот такого уравнения (16).

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** То есть вот таким, с квадратом, нелинейное уравнение. Спасибо, очень интересно.

Вопрос 6:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Дима, еще вернись на рисунок одиннадцатый. Тут у тебя опечатка есть в подрисуночных подписях, посмотри.  $R^2$  у тебя стоит, и второй тоже должен быть  $R$ . Это же коэффициент детерминации.

Ответ 6:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Здесь отображены  $R^2$  – коэффициент детерминации и  $R$  – коэффициент корреляции Пирсона.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:**  $R$  это что такое?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:**  $R$  – коэффициент корреляции Пирсона.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Понятно.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Я считаю оба. Какой из них считать, какой правильнее использовать для оценки степени подобия, не совсем ясно.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Вообще, наверно, лучше коэффициент детерминации, всё-таки коэффициент корреляции — это мера линейной связи. Детерминация в этом плане поуниверсальнее, надёжнее.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Хорошо, спасибо.

Вопрос 7:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Еще вопросы докладчику есть?

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Есть такое, чтобы сравнивались результаты, взять уравнение без переменного порядка  $a(t)$  и самое простое, взять, например, дробное уравнение с дробной производной порядка  $a(t)$ ,  $a = \lambda$ . Взять простое самое уравнение и рассмотреть его с переменным и не с переменным порядком. Как они будут выглядеть.

Ответ 7:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Представить на вот этом графике (рис.11) ?

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** Да, простые самые уравнения. Не делали такое сравнение?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Нет, но примерно так они будут выглядеть (рис. 30-31). Здесь, собственно, решается обратная задача по уточнению (38) вида  $a(t)$  в том же самом уравнении (16), где мы вводим некие неизвестные параметры, которые мы обычно руками подбираем, здесь же пытаемся решить для них обратную задачу. И метод, получается, так работает. На (рис. 30-31) синий — это эталонный вариант, подобранный вручную. А если представить, что  $a$  у нас постоянная, то результат получится похожий на фиолетовую кривую, только вот здесь (рис. 30) горб будет выше. То есть какой-то колебательный эффект здесь останется из-за функции  $a(t)$ , которая у нас за атмосферные явления отвечает. Примерно как-то так будет выглядеть. Но можно и на том рисунке 11 привести дополнительный пример.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев:** В общем, эти минимумы и максимумы, они передаются туда, на само решение. Если у порядка есть какие-то колебания?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Переменный порядок дробной производной в уравнении позволяет нам просто точнее эти горбы в данных описывать, предполагая, что они связаны как-то с особенностями среды, через которые радон в камеру попал. Такая вот идея. Если бы порядок был постоянным, то

результат, получается, был бы менее точным. Но для других типов режимов, не аномальных, а обычных режимов накопления, с постоянным порядком использовать предпочтительнее. Там случай уравнения с переменным уже мало поможет. Можно, конечно, и с переменным использовать пытаться, чтобы ещё более точно описывать колебания в накопительном режиме, но опять же связано ли оно с процессами в среде, или, может быть, еще есть какие-то другие влияния на камеру. Модель приблизительная. Может, мы что-то и упускаем.

Вопрос 8:

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Если разрешите, вопрос есть, связанный также с переменным порядком. Дробный порядок уравнений, изменение дробного порядка, связь с процессами ослабления и усиления проницаемости среды. И аппроксимируете изменение порядка с помощью с помощью гармонической функции. Вы закладываете периоды, но эти периоды они тоже являются подбираемыми параметрами, верно?

Ответ 8:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да, получается так.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Тогда вот смотрите, такой вопрос. Вы подобрали некоторые периоды, получили характерные из этих периодов, а вот каким-то образом вы пытались связать вот эти характерные времена, которые вышли у вас в процессе решения, с геологическими свойствами среды. То есть вот такие характерные времена, вот изменения вот этой проницаемости, они с чем могут быть связаны? Что вот происходит в среде с такими характерными временами? Или, ну понятно, это уже не математическая задача, а хотя бы на уровне гипотезы. Что могло бы происходить в среде?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да, с точки зрения интерпретации, да, с чем сравнить? То есть что могло бы привести... Какой-то пример другого исследования, где бы оценивались процессы сжатия, растяжения среды примерно на то же время.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Да, да, да, характерными временами. Сразу вот так вот с точки зрения интерпретации вопрос: это что за времена для среды?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Здесь получается довольно небольшое время, периодом, по-хорошему, модель бы еще вести период распада, полураспада, смотреть, как он влияет. Затрудняюсь ответить на этот вопрос, потому что я не проводил сравнений. Я подходил к вопросу с точки зрения подобрать значения так, чтобы хорошо описывались данные. То есть предполагается, что на таком времени оно примерно так меняется. Опять же, при решении модельного уравнения значения получаются нормированные, то есть от нуля до единицы в относительных единицах. И по времени тоже она у нас как будто нормируется для описания конкретно этого процесса, этого аномального пика.

Вопрос 9:

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** То есть видеть если это опять же вы нащупали тогда эти времена ну и скажем не связывали их с какими-то ну характеристиками среды ну то есть содержательно них не интерпретировали да то тогда такой вопрос, а насколько вот эти вот значения периодов условных назовем характерных времен сколько они устойчивы? То есть, например если вы возьмете какой-нибудь другой интервал наблюдений, скажем так, схожие условия и попытаетесь для схожих условий опять же решить обратную задачу. Вы выйдете примерно на те же самые характерные времена или они будут очень сильно изменяться? Потому что если они будут очень сильно плясать, тогда возникает определенное сомнение в том, что за ними действительно скрываются какие-то характерные свойства среды.

Ответ 9:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Скорее всего, для другой задачи времена будут другие. Идея в том, что порядок дробной производной, по идеи, должен меняться, т.е. либо увеличиваться, от 0 к 1, или уменьшаться, от 1 к 0, описывает тем самым, собственно, степень проницаемости среды. Эти колебания, как на (рис. 30-31, синяя), подобраны больше с точки зрения того, чтобы решение лучше с данными было. Когда мы в лоб пытаемся решать обратную задачу, задав ей функцию  $a(t)$  с неизвестными двумя параметрами и их стартовыми значениями около 0, в итоге алгоритм решения выдает какую-то возрастающую функцию  $a(t)$  с небольшими колебаниями. То есть он как будто ее пытается интерполировать кривую (рис. 31, синяя). То есть как будто эти колебания и не нужны (рис. 31, синяя), метод решения обратной задачи считает, что они будто лишние. И без них получается достаточно хорошее совпадение с данными. Но самое важное — главную тенденцию улавливает, т.е. увеличение, изменение порядка производной дробной.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Хорошо, я понял, спасибо.

Вопрос 10:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Коллеги, вопросы есть еще?

**к.ф.-м.н. Т.С. Кумыков:** Если можно, у меня один вопрос. Добрый день, уважаемые коллеги. Дмитрий, вот параметр  $\theta$ , если вам несложно, скажите, пожалуйста, какую физическую нагрузку или, так скажем, физический смысл какой вы вкладываете в этот параметр?

Ответ 10:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** На данном этапе физического смысла конкретного в него не вкладывали. Грубо говоря, это появляется еще одна переменная в модели, в которой в дальнейшем можно пытаться решать или прямую задачу, или обратную задачу, которая позволит нам как-то еще точнее описывать данные. Он нужен нам, получается, для согласования размерности параметров в модели. То есть левая часть уравнения, дробный оператор от  $A(t)$ , какую-то размерность будет иметь. Например, если переменная  $A$  имеет определенную размерность, то обычная производная от нее будет какую-то иную размерность, а дробная производная по ней будет иметь размерность какую-то другую размерность. Т. е. параметр  $\theta$  должен компенсировать

размерность каким-то образом так, чтобы в итоге правая часть имела ту же размерность, что и левая.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Время, да? Получается.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Выходит, что так. Но по-хорошему надо этот момент еще точнее разобрать. Но для текущего уровня исследования, то есть концептуального, пока что взять его единицы оказалось, в принципе, достаточно. Если мы будем брать его отличным от единицы, то это может уточнить результаты, но сильно усложнить задачу. Появляется еще один неизвестный параметр, когда их и так довольно много.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** На самом-то деле, Дима, там возможно два варианта. Вот когда  $\theta$  меняется, например, от 0 до 1, и когда больше 1, то есть там возможные изменения режимов могут происходить. Поэтому лучше, наверное, может быть, посмотреть эти варианты. У тебя получается, как бы ты его полагаешь 1, он не участвует в исследованиях, хотя, наверное, он тоже какую-то должен играть. Наверное, можно все твои результаты, например, при разных  $\theta$  посмотреть. У тебя хорошее программное обеспечение разработано.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Хорошо, учту.

### Вопрос 11:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Есть ли вопросы еще докладчику? Можно я тогда вопрос задам по программному обеспечению. Достаточно такая мощная программа у тебя, очень много там всяких полей, вкладок и так далее. Предусмотрена ли вообще справка для пользователя этой программы? Разрабатывал ли я какую-нибудь справку, чтобы как-то можно было ориентироваться в таком обилии всяких параметров?

Ответ 11:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** В версии 1.0 представлены на графиках справки нету, но в планах, конечно, сделать если ее внедрять где-то еще или кто-то использовать будет помимо меня.

### Вопрос 12:

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** У меня еще по программе есть один небольшой вопрос. Смотрите, Дмитрий, когда вы давали результаты работы программы, то есть расчетные файлы, графики, вы сказали, что формируется, что у вас в том числе и появляются скрипты gnuplota, которые дальше при желании можно там вручную как-то корректировать. То есть я правильно понял, что ваша программа, она просто сама пишет скрипты?

Ответ 12:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Пишет скрипты Gnuplot, вызывает Gnuplot на построение, и потом их подчистить. Так это да?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Программа на основе решения формирует скрипт, рисует результат, выдает его, и зачастую его достаточно. Но при желании можно влезть, конечно, откорректировать.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** То есть скрипт пишется самой программой самой?

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Да. Писать рисователь собственный было трудозатратно и как-то неактуально для Линукса. Лучше пользоваться готовыми решениями.

**к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар:** Хорошо.

### Вопрос 13:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Вопросы еще есть докладчикам?

На самом-то деле, Дима проделал большую работу. Очень много ты сделал, разработал программу, провел исследования и алгоритмы. На самом-то деле у тебя первое выступление, конечно, оно получилось достаточно объемным, надо будет сокращать количество слайдов, оставлять только основные моменты, вот Мурат Османович говорил, что надо рисунок и, соответственно, текст стараться размещать на одном слайде для лучшего понимания. В целом для первого раза, мне кажется, достаточно хорошая получилась работа. Конечно, ты будешь со временем сокращать, отлаживать выступления. Вообще, честно говоря, на защиту отводится минут 20, поэтому раза в 2–3 надо будет выступление сократить. Какие-то демо-слайды, которые не основные, можно оставить в конце, вынести за саму основную презентацию. Если какие-то вопросы возникнут у коллег, можно просто показывать их. Поэтому можно не выбрасывать вообще из презентации, а просто вынести за основные слайды.

Ответ 13:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Я понял, условно главу 4 разделить на две главы 4, одну в тексте основном, а другую за пределами, где там будет справка с формулами и т. д.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Можно так сделать. Страйтесь, наверное, вот останавливаться на графиках, конечно, и на формулах немножко подольше, потому что люди не могут сразу так всё в голове держать. Им надо время, чтобы хотя бы они прочитали, то получается, ты быстро показал, потом перешел на другой слайд, и, короче говоря, теряется нить доклада. Так что вот здесь нам надо, наверное, поработать.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Мне бы знать регламент, сколько у меня будет в итоге.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** 20 минут на защиту отводится. Я хочу еще одно уточнить, Дима планирует защищаться в Узбекистане, он прикрепился к институту развития интеллектуальных технологий и планирует на базе этого института, там совет есть по техническим наукам. Ну и в Узбекистане защита 20 минут длится. Что PhD, что DSc — тоже 20 минут.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Понял. Я изначально неверно думал, что 40.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** У нас дают чуть побольше времени на докторскую. Там везде 20 минут. Поэтому надо исходить из этого.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Хорошо, я уменьшу презентацию.

### Вопрос 14:

**доцент Ш.М. Равилов:** Да, Роман, если можно, тоже у меня маленькое замечание такое по презентации. Дмитрий, может быть, так как, учитывая, что достаточно мало времени, а объем докладов материала очень большой, может быть, вот эту текстовую часть, что на слайде, вы слово в слово читайте. Может быть, там обозначить буквально одним предложением, а вы вслух озвучите остальные положения. Потому что получается, кто будет вас слушать, то ли вас слушать, то ли читать им, например, то же самое на экране. Вот у меня вот такое предложение. Там буквально одним-двумя словами дать слайдик, а прокомментировать уже вслух, пояснить. Спасибо, очень интересный доклад.

Ответ 14:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Хорошо, я в целом сейчас старался так и делать, просто был лишний текст на экране. Если его убрать, получится как раз то, что вы говорите. Пару слов оставить, а остальное я проговариваю.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Да, спасибо еще есть какие-нибудь комментарии, пожелания и замечания?

**доцент Ш.М. Равилов:** Спасибо, очень интересный доклад. Наработали такой большой материал, конечно, с учетом вот этих замечаний, я уверен, Дмитрий это доработает и получит, мне кажется, очень хорошую работу.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Да, я думаю, что так. Он первый раз выступил по материалам своей работы. На самом деле, я тоже сейчас вот увидел ее целиком, эту работу. В принципе, конечно, будут корректировки произведены, и я думаю, что мы его заслушаем, когда он уже будет готов к защите. Я думаю, что мы еще раз его заслушаем на нашем семинаре, посмотрим, насколько ты уложишься в 20 минут.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Понял, хорошо.

### Вопрос 15:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Есть у кого-нибудь вопросы, Мурат Османович, Рахимжон Тимирбекович? Как руководители семинара, может, какие-то есть пожелания, рекомендации?

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуков:** Рекомендации, да, сказали в основном. Ну, что сказать еще можно? Ну, надо постараться, как-то выделить именно свой вклад, чтобы было понятно, что является лично Вашим вкладом в каждом разделе, и как-то их там, по-моему, было много слишком. В заключения тоже их тоже много, то есть все нужно сокращать, сжимать так, чтобы при изложении было понятно, в чем заключается лично Ваш вклад.

Ответ 15:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Спасибо, постараюсь учесть.

### Вопрос 16:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** На самом-то деле с моей стороны только постановка задачи, а все остальное решение, все, программный комплекс, алгоритмы, их реализация — это именно его заслуга. И вот Дима надо об этом тоже где-то сказать.

Ответ 16:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Хорошо.

Вопрос 17:

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** А с публикацией сколько, Дмитрий Александрович?

Ответ 17:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Вот слайд с информацией по публикациям.

**д.ф.-м.н. М.О. Мамчев:** Вижу, 47, две с квартилем Q1.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** На самом-то деле сейчас Дмитрий некоторые результаты он в настоящий момент получает, уточняет.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** К защите будет 50.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** В узбекских журналах опубликует он. Там надо ему 2–3 работы еще сделать.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Как раз одну отправил.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Монография недавно вышла, собственно, презентация в значительной степени отражает монографию. Часть результатов четвертой главы была получена или проверена недавно и опубликована уже в статьях поновее, как и из третьей главы часть результатов тоже. Также будут делать еще акты внедрения, соответственно, для результатов исследований и программного комплекса, то есть их будет больше тоже.

Вопрос 18:

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Ну, Дима, еще есть такое приложение, может быть, основной список привести все-таки? Там же в Узбекистане два списка, основной и второстепенный.

Ответ 18:

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Он есть. Вот он сам в конце вынесен. Красным это вот выйдет на днях. Вот завтра обещали в редакции. Там уже все этапы пройдены, просто технические заминки.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Следующий слайд, публикации, они к кандидатской относились, да, получается? После защиты тебе надо публикации.

**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый:** Нет, это всё после защиты, всё после лета 2022 года. Я только их и учитываю, потому что мне сказали в совете, что только после защиты.

**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик:** Ну хорошо, я думаю этот список у тебя будет пополняться.

**ВЫСТУПИЛИ:** Участники семинара, в частности д.ф.-м.н. Р.И. Паровик, д.ф.-м.н. М.О. Мамчев, к.ф.-м.н. Г.М. Водинчар, к.ф.-м.н. Т.С. Кумыков, доцент Ш.М. Равилов отметили:

- научную новизну и интерес к исследованию;
- исчерпывающий объём материала для докторской диссертации.

Заданы вопросы по разработанным моделям, в частности модельному уравнению с дробной производной переменного порядка, обоснованности подбора параметров этого уравнения, проверке гипотезы о связи проницаемости среды и выбора периодической функции переменного порядка дробной производной, а также оценкам сложности алгоритмов численного решения модельного уравнения.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Принять к сведению представленный доклад Твёрдого Д.А.
2. Отметить научную новизну и прикладную ценность разработанных моделей.
3. Рекомендовать доработку и корректировку материала, с учетом замечаний.
4. Предложить выступление на повторном семинаре перед защитой диссертации.

**Руководители семинара:**

**доцент Ш.М. Равилов**

**д.ф.-м.н. Р.Т. Зуннунов**

**(Филиал РГГУ нефти и газа  
им. И.М. Губкина в г. Ташкенте)**



**д.ф.-м.н. М.О. Мамчуев  
(ИПМА КБНЦ РАН)**



**д.ф.-м.н. Р.И. Паровик  
(ИКИР ДВО РАН)**

**Секретари семинара:**

**ст. препод. К.М. Медетова**

**(Филиал РГГУ нефти и газа  
им. И.М. Губкина в г. Ташкенте)**



**к.ф.-м.н. М.Г. Мажгихова  
(ИПМА КБНЦ РАН)**



**к.ф.-м.н. Д.А. Твёрдый  
(ИКИР ДВО РАН)**