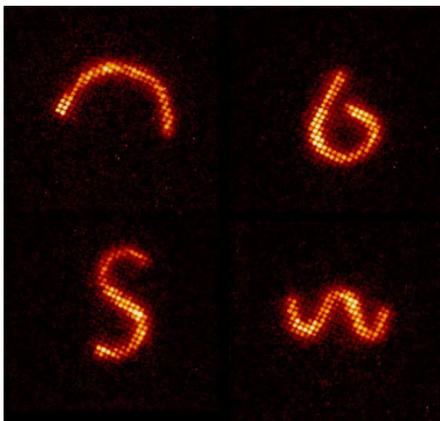
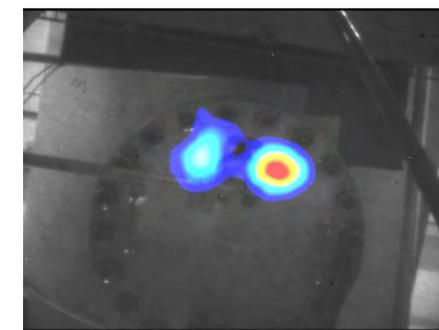
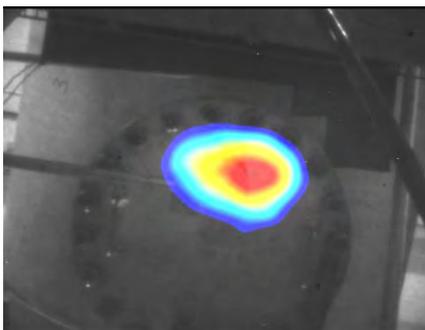
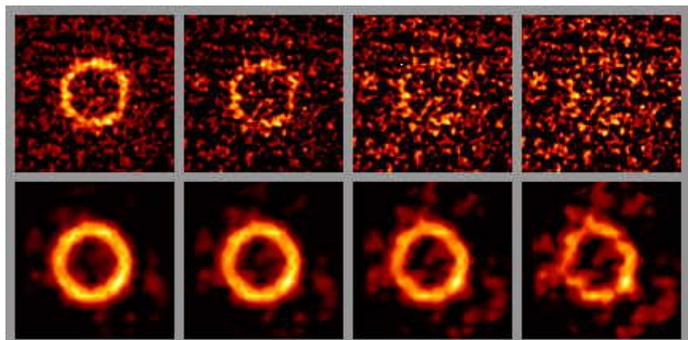
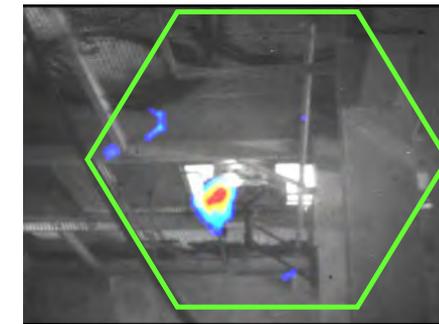
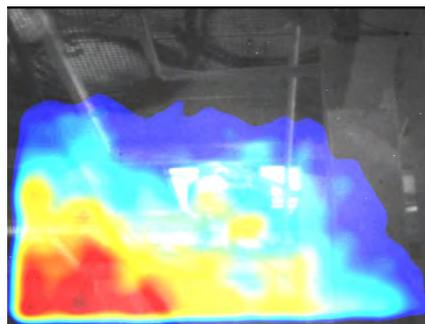
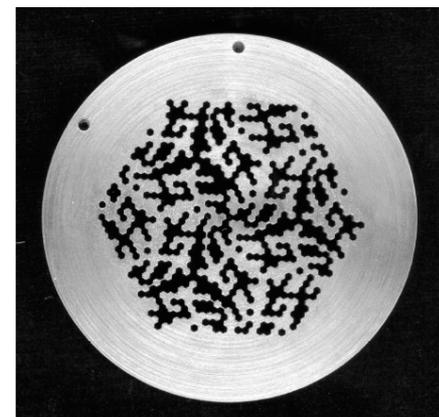
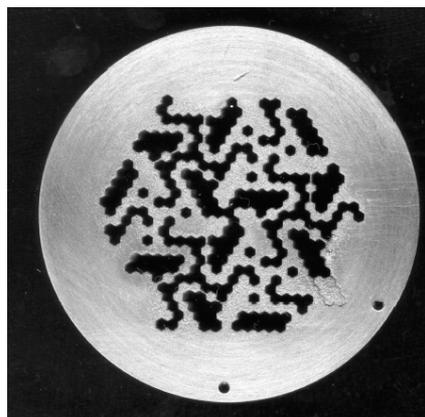
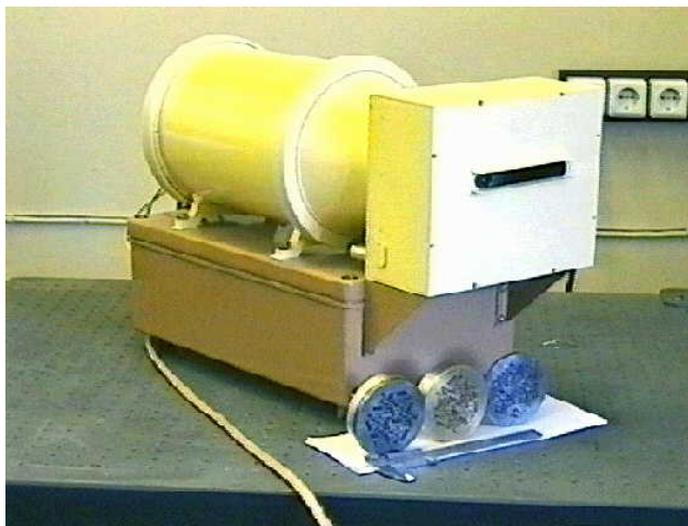


Гамма-визор + компьютер



Гамма-визор с кодирующей апертурой





«Землетрясение» на ЧАЭС ... (II акт Марлезонского балета)

Уруцкоев Л.И.
г. Сухум (Абхазия)
13 сентября 2023

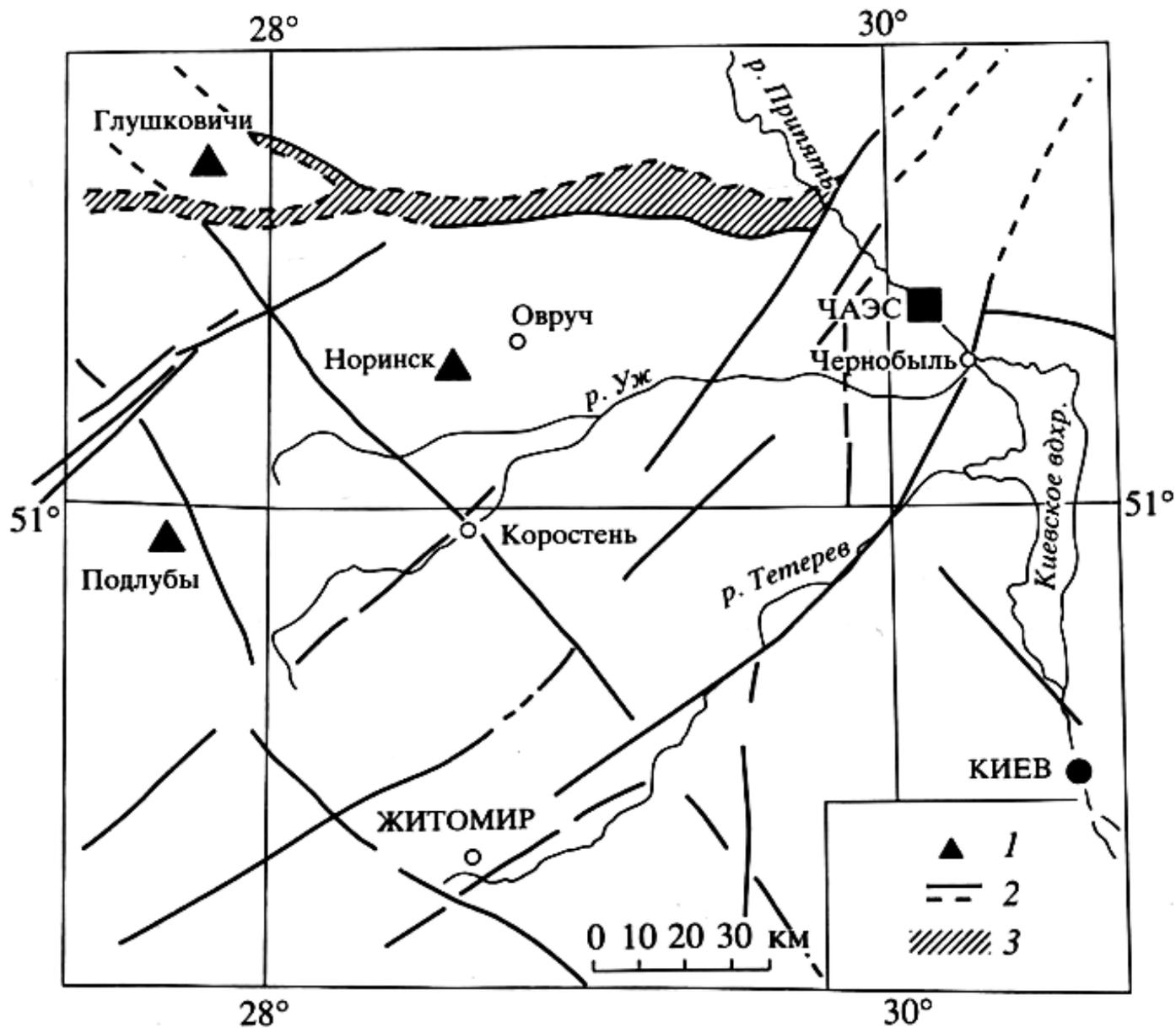
Основная цель доклада

Попытаться ответить на вопрос:
явилось ли причиной аварии на
ЧАЭС «роковое стечение
маловероятных факторов» или же
существует конкретный
физический механизм, который и
привёл к техногенной катастрофе
26 апреля 1986 года???

II этап Владимир Викторович
Алексеевич
Контр-адмирал (в отставке)

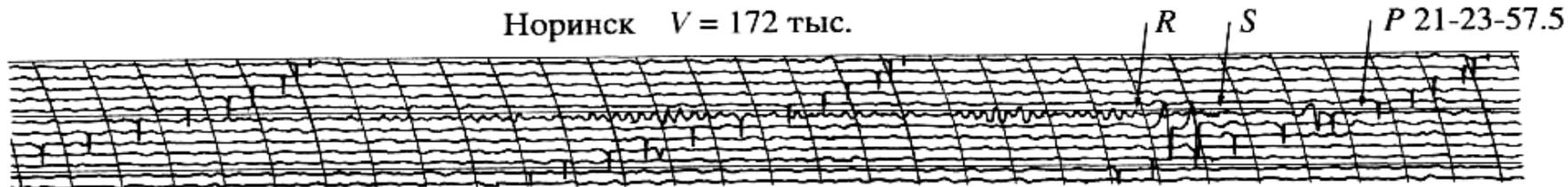


Расположение сейсмостанций

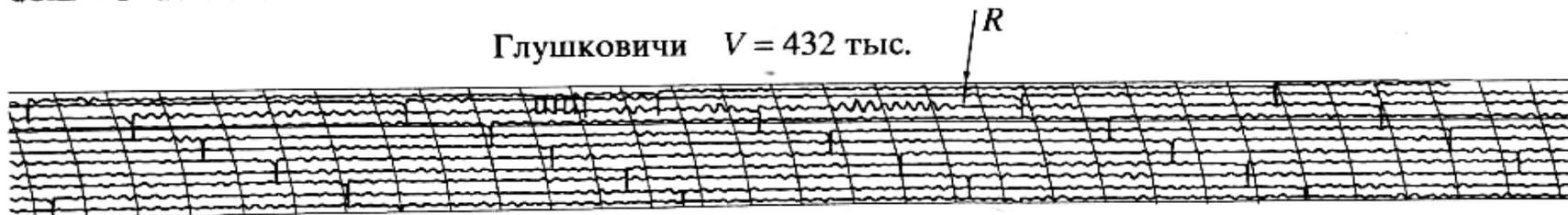


Сейсмограммы

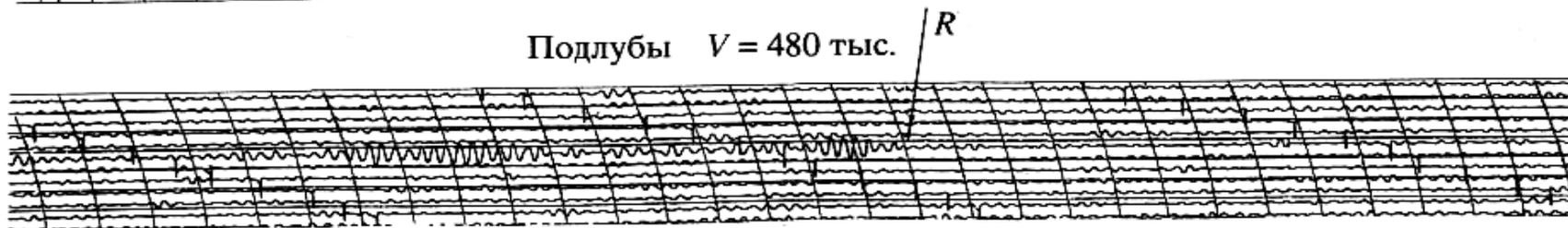
Норинск $V = 172$ тыс.



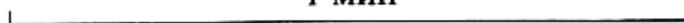
Глушковичи $V = 432$ тыс.



Подлубы $V = 480$ тыс.



1 мин



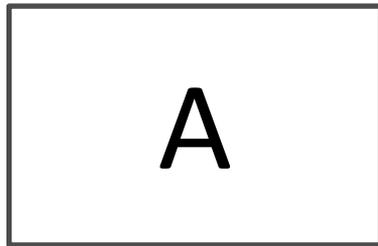
Геофизики установили:

- сейсмограммы подлинны и зафиксировано геофизическое событие с магнитудой $M = 1,4 \div 2$;
- Начало сейсмического события совпало с точностью до секунды с временем появления низкочастотного объёмного гула со стороны водозаборной станции ЧАЭС и началом сильной вибрации агрегатов (01 ч 23 мин 38 с);
- сам взрыв, который произошёл через 16 сек (01 ч 23 мин 49 с) – станции не зарегистрировали.

Чернобыльская авария и землетрясение.

Случайность?

сейсмособытие



÷16 секунд

взрыв реактора



$P \sim 10^{-6}$

1. Страхов В.Н., Старостенко В.И., Харитонов О.М. и др., Сейсмические явления в районе Чернобыльской АЭС. Геофизический журнал, т.19, №3, 1997, 67-71
2. Аптикаев Ф.Ф., Барковский Е.В., Кедров О.К., Копничев Ю.Ф., Омельченко В.Д., Страхов В.Н., О сейсмическом событии 26 апреля 1986г. в районе Чернобыльской атомной станции. Физика Земли №3 (2000), 75-80

А. Дятлов, зам. главного инженера второй очереди ЧАЭС

«Услышал первый удар со стороны машзала. Он был сильный, но не такой, который прозвучал следом через несколько секунд. Этот уже воспринимался или как один длинный удар или два, но следующие друг за другом. И по силе, тот второй, оказался более ощутим.»

Ю. Трегуб (начальник смены четвертого энергоблока, в момент аварии находился в машинном зале)

«Сначала услышал характерный шум останавливающегося турбогенератора. Частота колебаний падала, а их мощность росла. А секунд через шесть раздался удар. Подумал, что “полетели” лопатки турбины. Удар этот был не очень. По сравнению с тем, что было потом. Хотя сильный удар. Сотрясло БЩУ. Я посмотрел на верхнее перекрытие. Мне показалось, что оно должно упасть. Я отскочил, и в это время последовал второй удар. Вот это был очень сильный удар. Посыпалась штукатурка, все здание заходило... свет потух, потом восстановилось аварийное питание. »

Н.С. Бондаренко (аппаратчик на азотно-кислородной станции)

Двадцать шестого я работал ночью, как раз во время происшествия. Наша азотно-кислородная станция где-то в 200 метрах от четвертого блока. Мы почувствовали **подземный толчок, типа небольшого землетрясения**, а потом, секунды через 3-4, была вспышка над зданием четвертого блока. Я как раз посредине зала находился в кабине, хотел выйти после этого землетрясения, повернулся, а тут как раз в окно вспышка такая – типа фотовспышки. Через ленточное остекление я все это узрел...

Л. Бутрименко (охранник на ЧАЭС находился в 100 метрах от 4-го блока)

Во втором часу ночи услышал первый взрыв. Он был достаточно сильный, но глухой, как будто грохнул трамвай. **Земля дрогнула под ногами, как при землетрясении.** Я повернулся к 4-му блоку, и тут на моих глазах произошел еще более мощный взрыв. Разорванная крыша, как живая, приподнялась всей своей огромной массой, вниз полетели куски бетона и разные обломки. Бетонные плиты весом не менее одной тонны как игрушечные отбросило в сторону от реактора на несколько десятков метров.

Александр Юрченко инженер-мастер РЦ-2

- «Буквально через пару секунд после первого удара раздался второй взрыв. Это был настолько мощный взрыв, что у меня в кабинете вышибло двери – я был в комнате СИМ-ов. Что особенно кинулось в глаза – **бетонные стены энергоблока метровой толщины прогнулись как резиновые**. Двери вышибло взрывом. Нарушилось освещение и телефонная связь.»

Метленко Г.П (старший инженер

электроцеха)

В момент аварии находился на БЩУ так описывает произошедшие события: «Обороты турбины плавно снижались, соответственно, снижались частота и напряжение. Когда обороты турбины снизились до 2100, частота до 35 Гц, а напряжение составило 0,7 от номинального, я услышал **раскатистый гром, как бывает при гидроударах. Звук шел со стороны машинного зала. Началась сильная вибрация здания. С потолка посыпался мусор. Было впечатление, что БЩУ разрушается. Команда "глуши реактор" была подана Акимовым, когда турбина снизилась до 2500 об/мин. Это я хорошо запомнил, т. к. наблюдал за оборотами турбины. Команда была подана спокойным голосом.**

Ренат Давлетбаев (зам. начальника турбинного цеха)

«Через секунды со стороны машзала слышался гул низкого тона, сильно трянуло пол и стены, с потолка сыпалась пыль и мелкая крошка, потухло люминесцентное освещение, установилась полутьма, затем сразу же раздался глухой удар, сопровождающийся громopodobными раскатами. Затем освещение снова появилось.»

Литература:

- Дятлов А.С. //Чернобыль. Как это было// Москва, Научтехиздат, с.237, 2000 г.
- Давлетбаев Р.И. //Последняя смена. 10 лет спустя//, Москва, Энергоиздат, стр. 356-383, 1995г.
- Щербак Ю.М. //Чернобыль: документальная история//, Москва, Советский писатель, 386 с., 1991 г.

В чём заключалась идея
электротехнического эксперимента
проводившегося 26 апреля 1986 г?

- Выбег ТГ-8 начался при мощности 40 МВт.
- Собственные нужды составляли 5 МВт
- Может ли ТГ обеспечивать электроэнергией ГЦН в течение 40 сек?

Б.В. Рогожкин (нач. смены станции)

«Я сидел за пультом и вдруг услышал гулкий удар со стороны седьмого и восьмого турбогенератора. Подумал, что уронили многотонный свинцовый чехол, который обычно надвигается на турбогенератор, если поступает радиоактивный пар. После удара началась системная электротехническая авария на всех шести работающих турбогенераторах. Включились аварийные сирены, замигал свет.

Через какое-то небольшое время генераторы успокоились. **И об этой аварии, которая чуть не привела к возникновению аварийной ситуации на всех трех работающих энергоблоках, почему-то никто даже не упоминает. Мы боролись за живучесть именно этих блоков, а на четвертый блок я и не смотрел.** У него мощность была, как у кипятильника. С ним ничего не могло случиться. А вот произошло все как раз наоборот.»

Рогожкин Б.В. Чернобыльская авария.
//Интервью в газете «Вестник Чернобыля»/
стр.17÷18 (709-710), 1996 г.

Увлечение геофизикой

- Николаев Алексей Всеволодович
- Предвестники землетрясений
- Землетрясение напоминает сложный шестерёночный механизм
- Электромагнитные предвестники
- А можно ли сделать наоборот, с помощью электромагнитного импульса спровоцировать землетрясение???
- *Уруцкоев Л.И. // О возможном механизме землетрясений // Прикладная физика, №4, с 55-61, 2000 г.*

МГД-генератор ($I=1,5$ кА, $R=1,5$ Ом, $\tau=2,5$ сек, $L=3$ км)

- Было сделано 34 пуска

- $W_{\Sigma}=3,8 \cdot 10^{13}$ Дж, т.е. $W \sim 10^{12}$ на ЗИ

Энергия МГД-генератора $E=8,5 \cdot 10^6$ Дж

то есть на 5 порядков меньше

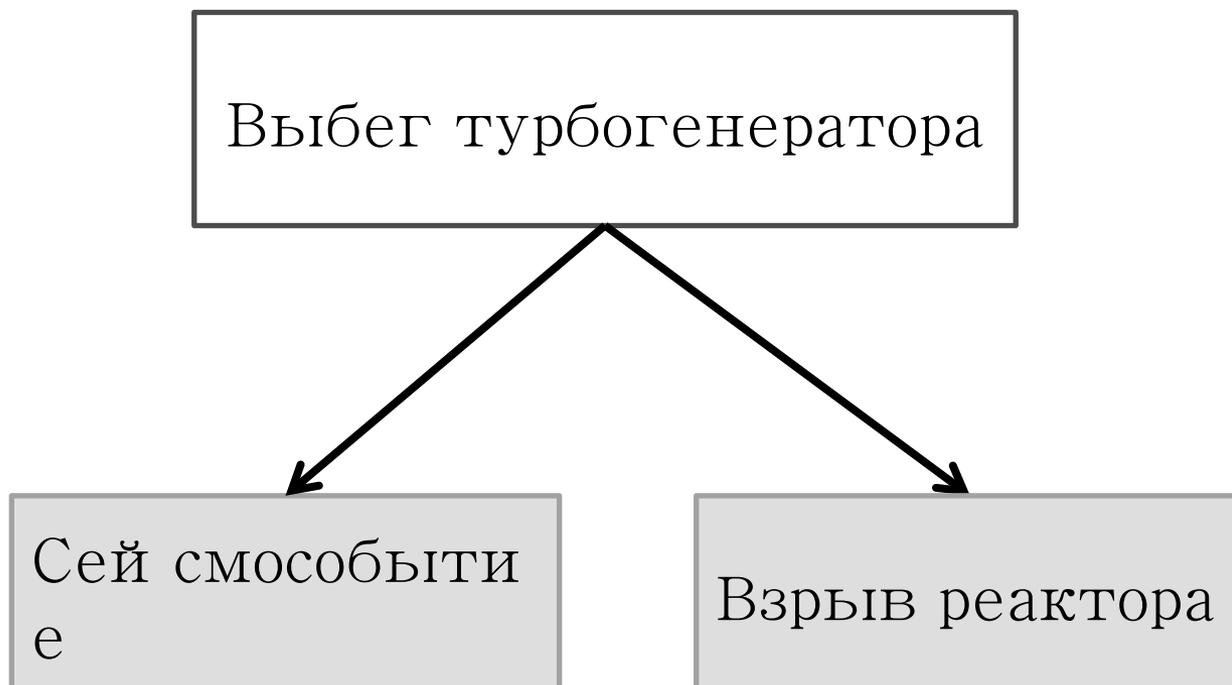
T задержки около 5-6 суток

*Тарасов Н.Т. // Изменение сейсмичности
коры при электрическом воздействии //*

ДАН, Т 353, №4, с 542-545, 1997 г.

Можно ли провести аналогию между
выбегом турбогенератора и
экспериментами с МГД-генератором?

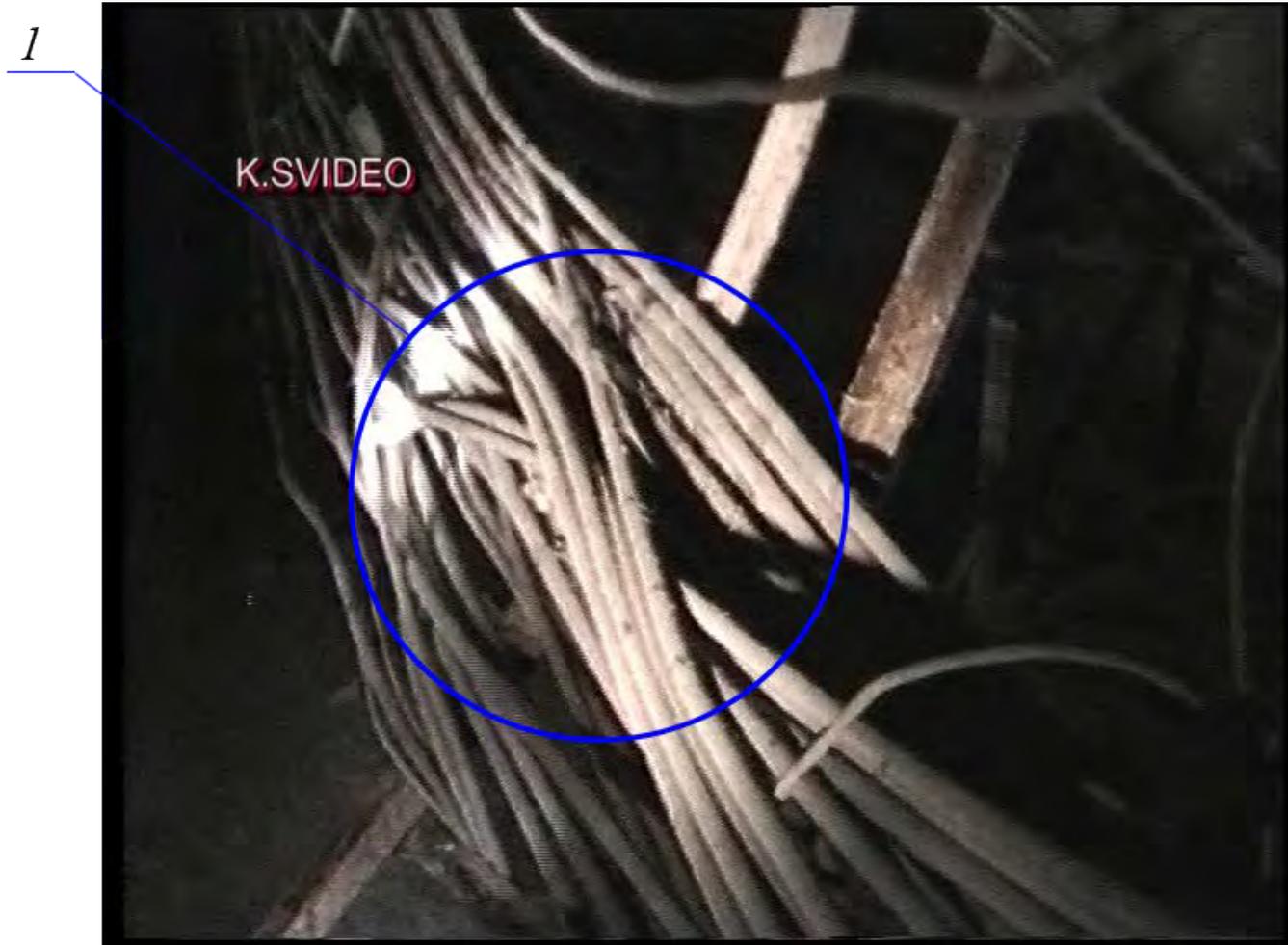
$$30 \text{ МВт} \times 30 \text{ сек} \sim 10^8 \text{ Дж}$$



Василевский В.П. о Мешкове А.Г.

- «М.С. Горбачев каждый день требовал ответа на один и тот же вопрос: «Что сообщить миру о причинах Чернобыльской катастрофы?» А. Г. Мешков служил барьером между нами – реакторщиками и руководителями всех рангов. «Думай те ребятки, думай те. Я изо всех сил ограждаю вас от давления сверху, но и меня скоро не хватит. Реактор имеет две циркулярные петли, и было два взрыва. Где-то здесь причина!» – так говорил он, заходя к нам в комнату поздно вечером.»
- *//Авария на 4-ом блоке.// Москва-Чернобылю. Воениздат, т.1, с. 558-561,1998 г.*

Поход за «чудесами»



Как работает реактор?

нейтроны деления – мгновенные нейтроны (не путать с быстрыми нейтронами) при одном акте образуется 2,4 н

время воспроизводства $T=10^{-3}$ сек – время жизни одного поколения

Часть погибает (ядра U, поглощение в теплоносителе, замедлителе и просто уход)

Минимальное условие поддержания цепной реакции состоит в том, чтобы каждый акт деления приводил к рождению хотя бы одного вторичного нейтрона, который в свою очередь вызовет деление следующего ядра урана.

коэффициент размножения k и избыточная реактивность ρ

- k – это отношение количества нейтронов в одном поколении к их количеству в предыдущем
- избыточная реактивность $\rho = (k - 1) / k$.
- При $\rho = 0$ реактор находится в стационарном режиме, при $\rho < 0$ цепная реакция прекращается, а при $\rho > 0$ – интенсивность реакции экспоненциально нарастает.
- При любом изменении реактивности в положительную сторону следует экспоненциальное возрастание скорости реакции. Реактивность ρ зависит от конструкции реактора и параметров среды.

Запаздывающие нейтроны (не путать с тепловыми)

- небольшая доля нейтронов β (доля запаздывающих нейтронов) испускается ядрами-осколками через достаточно большой промежуток времени ($\tau \sim 10$ сек.), что и даёт возможность управлять работой реактора
- Физическая причина появления запаздывающих нейтронов состоит в том, что для урана величина нейтрон-протонного отношения больше, чем для элементов середины таблицы Менделеева.

- ${}^{238}_{92}\text{U} = \frac{n}{p} = 1,587$ ${}^{109}_{47}\text{Ag} = \frac{n}{p} = 1,32$

- ${}^{119}_{47}\text{Ag}^*$ – нейтронно избыточен

- Гангрский Ю.П., Далхсурен Б, Марков Б.Н. Осколки деления ядер. М.: Энергоатомиздат, 1986.

- **Без запаздывающих нейтронов реактор создать невозможно!!!**

- Величина β для реактора РБМК невелика, и на момент аварии составляла $\beta=0,0045$

- Активная зона реактора рассчитывается так, что без учета запаздывающих нейтронов $\rho < 0$, а с их учетом $0 < \rho < \beta$

Уравнения кинетики реактора

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\rho - \beta}{T} n + \sum_i \lambda_i C_i$$
$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{\beta_i n}{T} - \lambda_i C_i$$

где C_i и λ_i соответственно - плотности и обратные времена жизни i группы ядер-излучателей запаздывающих нейтронов, $T = 10^{-3}$ сек - время жизни одного поколения мгновенных нейтронов.

В приближении одной эффективной группы запаздывающих нейтронов ($\lambda=0.1$ сек⁻¹) при $\rho=\text{const}$ несложно найти собственные решения линейной системы дифференциальных уравнений будут иметь экспоненциальный вид.

Шульц М.А.//Регулирование энергетических ядерных реакторов// Москва, ИЛ, 1957 г

- Анализируя собственные значения инкремента Γ соответствующего характеристического уравнения, легко заметить, что именно наличие запаздывающих нейтронов позволяет осуществлять регулирование реактора.
- при малых $\rho < \beta$ получаем:

$$\Gamma = \lambda \cdot \rho / (\beta - \rho)$$

- то есть реактор разгоняется с характерным временем $\tau \sim 10$ сек – временем жизни ядер-излучателей запаздывающих нейтронов.
- Поскольку τ является характеристическим параметром, ограничивающим скорость нарастания мощности реактора при малых ρ (на запаздывающих нейтронах), то реактор РБМК сконструирован так, что стержни аварийной защиты перекрывают активную зону реактора именно 10 секунд.

- При больших значениях реактивности $\rho > \beta$:
- $\Gamma = (\rho - \beta) / \Lambda$, то есть разгон происходит на мгновенных нейтронах с характерным временем, меньшем чем 0,1 сек (режим ядерного взрыва).
- При проектировании любого реактора степень обогащения топлива и конструкция реактора выбираются так, чтобы полностью исключить даже теоретическую возможность разгона реактора на мгновенных нейтронах.
- С учётом потерь нейтронов, неоднородности активной зоны и размеров реактора РБМК-1000, время нарастания мощности составляет ~20 секунд.

Какова же официальная версия?

1. Из-за отравления реактора перед аварией был значительно снижен оперативный запас реактивности до $6 \div 8$ стержней, при минимальном разрешенном запасе в 30 стержней – **нарушение регламента работ;**
2. При движении стержней аварийной защиты в условиях уменьшенного оперативного запаса реактивности, возникла сильная неоднородность нейтронного поля (энерговыведения) по высоте реактора, которая привела к разгону реактора – **дефект конструкции;**
3. Наличие высокого (по отношению к проектному) положительного парового коэффициента реактивности привело к значительному уменьшению времени развития такой неустойчивости – **идейный просчёт.**

Критический анализ официальной версии

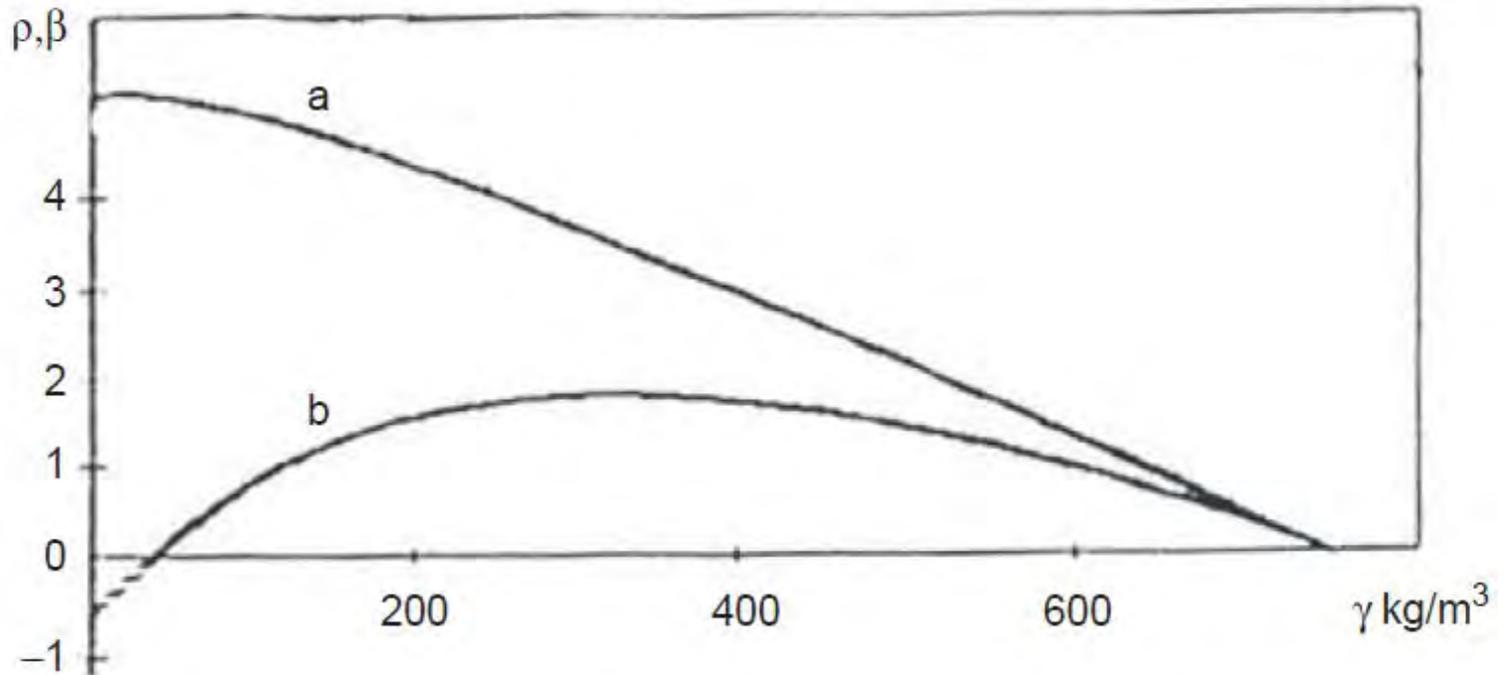
1. Безусловно, нарушение регламента работ в атомной промышленности является недопустимым явлением. Но сам по себе факт уменьшения оперативного запаса реактивности, конечно, не приводит к разгону реактора, хотя и создает опасность неустойчивого состояния.

Основным физическим эффектом, принятым официальной версией в качестве обоснования пунктов 2 и 3, является наличие положительного парового коэффициента реактивности у реактора РБМК.

- Паровым коэффициентом реактивности α_φ — называют отношение изменения реактивности к изменению объемного содержания пара. Реактивность зависит от параметров среды, в том числе и от плотности теплоносителя.
- Чисто качественно, такую зависимость понять не сложно. В реакторах РБМК, вода, являясь теплоносителем, одновременно играет и роль замедлителя нейтронов. При увеличении процентного содержания пара в теплоносителе нейтроны замедляются менее эффективно и их средняя скорость возрастет.
- А при возрастании средней скорости нейтронов сечение деления слегка увеличивается и мощность реактора возрастает.

В официальной версии утверждается, что при уменьшении плотности теплоносителя должен наблюдаться рост избыточной *реактивности* реактора до 5β .

Именно до такого значения должна была вырасти реактивность реактора, чтобы объяснить многократное увеличение мощности за 10 сек.



Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я. Канальный ядерный энергетический реактор. М.: Атомиздат, 1980

1. Кривая (а) не физична: слил теплоноситель и «взлетел»!

2. В соответствии с программой испытаний на 4-ом блоке ЧАЭС четыре из них были запитаны от электрической сети 3-го энергоблока ЧАЭС.

Следовательно, в любом случае эти четыре ГЦН должны были обеспечивать нормальное охлаждение реактора, по крайней мере, до 50% номинальной мощности, а разгон реактора **начался с 6% номинальной мощности.**

- Конечно, не разработав собственной независимой расчетной модели, невозможно убедиться в справедливости результатов численных расчетов .
- Но можно пойти другим путем: взяв в качестве исходных данных «верхние» значения расчетных параметров, несложно сделать аналитические оценки, а затем провести сравнение с результатами численного счёта.
- Подробный аналитический анализ роста парового коэффициента реактивности и оценки инкремента пространственной неустойчивости нейтронного потока были выполнены Д. Филипповым и А. Рухадзе.

Выводы теоретиков

- использующаяся в модели зависимость реактивности от плотности теплоносителя, заметно завышена и противоречит проектной ;
- утверждение о сильной пространственной неоднородности противоречит характеру взрыва и фундаментальным представлениям, изложенным в классических работах Ферми;
- время развития неустойчивости, полученное аналитически из анализа уравнений , существенно превышает результаты численного моделирования;
- более того, математическая корректность модели, положенной в основу численного

- Основное логическое противоречие: мощность реактора росла заметно быстрее, чем должна расти на запаздывающих нейтронах и много медленнее, чем — на мгновенных. Попытка объединения этих двух режимов, предпринятая в официальной версии, оказалась неудовлетворительной.
- Но каков же выход? Нам представляется, что логически и математически корректным выходом из этого тупика могло бы быть предположение об увеличении самой величины β , т.е. самой доли запаздывающих нейтронов. Физически это означает, что уменьшилось среднее время жизни запаздывающих нейтронов.

- При предположении о скачкообразном уменьшении τ с 10 до 3 секунд математическое описание начинает соответствовать имеющимся фактам:
- разгон реактора происходил на запаздывающих нейтронах, но их доля выросла;
- время роста мощности совпадает с зарегистрированным;
- избыток реактивности при разгоне реактора сохраняет неизменное значение.
- При такой гипотезе, модель становится свободной от математических некорректностей.

Более подробно теоретический анализ

ИЗЛОЖЕН В СТАТЬЯХ:

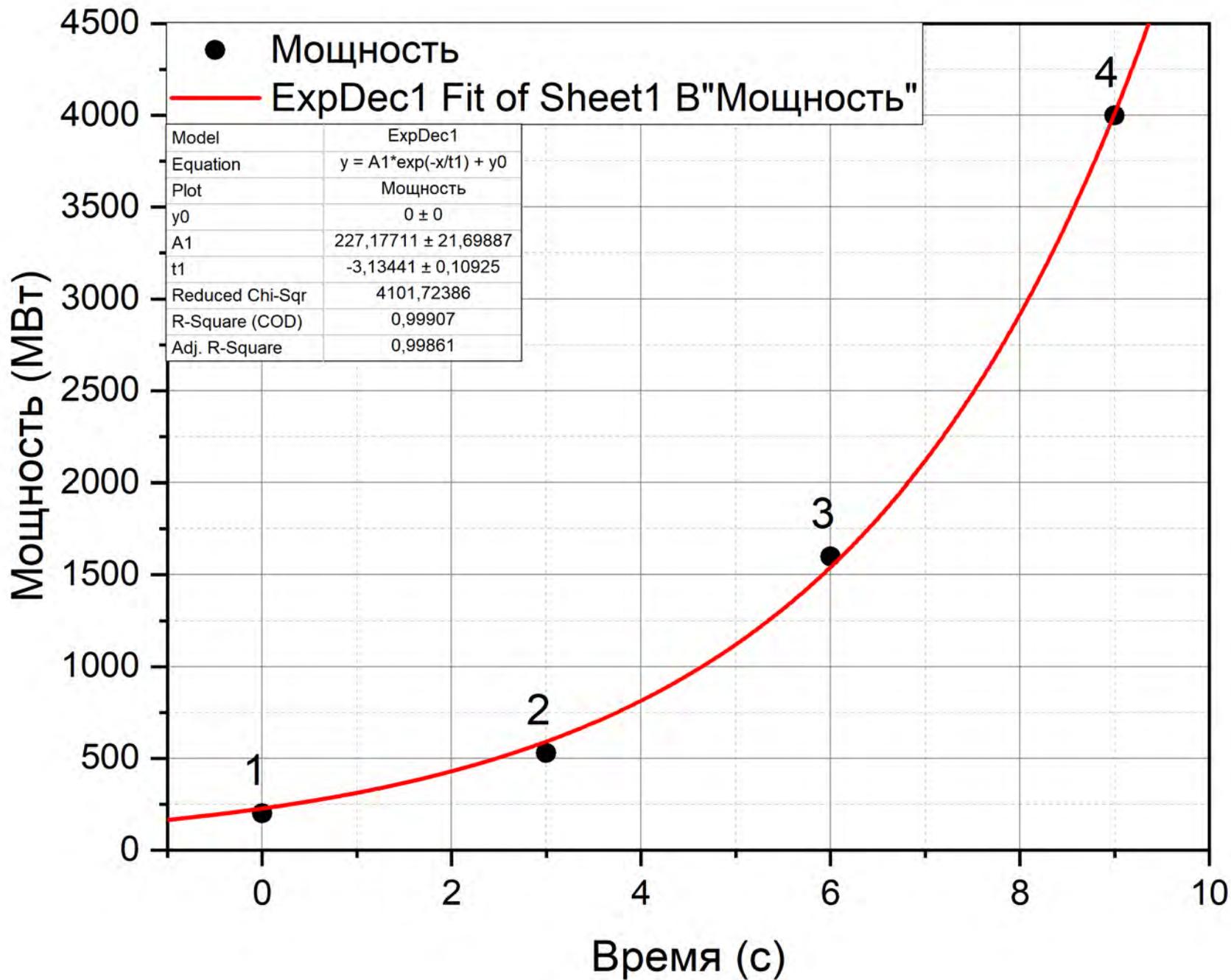
- 1. Рухадзе А.А., Уруцкоев Л.И., Филиппов Д.В.//О возможном магнитном механизме аварии реактора РБМК-1000 на ЧАЭС// Прикладная физика, №3, с 15-27, 2004 г
- 2. Лошак Ж., Рухадзе А.А., Уруцкоев Л.И., Филиппов Д.В.//О возможном физическом чернобыльской аварии и несостоятельности официального заключения//Физическая мысль России, №2, с 9-20, 2003 г
- 3. Рухадзе А.А., Уруцкоев Л.И., Филиппов Д.В.//О возможном магнитном механизме уменьшения времени разгона реактора РБМК-1000 на ЧАЭС//Краткие сообщения по физике ФИАН, №1, с 5-22, 2004 г

Кружилин Г.Н. //О характере взрыва реактора РБМК-1000 Чернобыльской АЭС// ДАН,1997. т. 354. № 3. с. 331-332

- «До начала электротехнических испытаний реактор работал на мощности 1600 Мвт и соответственно на этом уровне были установлены сигналы аварийной защиты (АЗ). При проведении испытаний эти сигналы не были перенесены на уровень 200 Мвт и продолжали оставаться на уровне 1600 Мвт. В начале разгона было зафиксировано увеличение мощности реактора с 200 до 530 Мвт за 3 сек, т. е. примерно в $\sim e$ раз. В следующие 3 сек приборами был зафиксирован сигнал срабатывания АЗ при мощности 1600 Мвт. За этот второй 3 секунднй промежуток времени в рост мощности также составил $1600/530 = 3 \sim e$.

Выводы из статьи Кружилина

- ….. к концу 9 с мощность реактора должна была достигнуть 4000 МВт»
- Таким образом, из показаний приборов следует, что первые 6 сек. разгон мощности происходил при **неизменном** избытке реактивности реактора $\rho \sim 0.5\beta$, причем мощность изменялась со временем по экспоненциальному закону $N = 200 \cdot e^{t/3}$ МВт (т.е. с периодом 3 сек).



- Выражаю огромную благодарность Алабину Кириллу за помощь оказанную при составлении этого доклада.
- Спасибо за внимание!