

# КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БАЗ ДАННЫХ

## CONCEPT OF ELECTRONIC REGISTRATION OF EXPERIMENTAL PARAMETERS AND OPERATIONAL DOCUMENTATION FOR RESEARCH NUCLEAR REACTORS USING MODERN DATABASE TECHNOLOGIES

*Н. В. Аблесимов, О. А. Голубева*  
*N. Ablesimov, O. Golubeva*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», Саров Нижегородской обл.  
Federal Nuclear Center of Russia – All-Russian Research Institute of Experimental Physics

*В докладе описывается концепция организации и создания базы данных (БД) параметров экспериментов на исследовательских ядерных установках. Цель создания БД решение некоторых характерных прикладных задач, требующих анализа большого объема информации об условиях проведения исследований, состоянии установки и ряда других сведений.*

*В качестве сервера баз данных использован Microsoft SQL Server. Клиентское приложение, с помощью которого осуществляется взаимодействие пользователя с базой данных реализовано средствами Microsoft Visual Studio.*

*В докладе представлены структуры баз данных, интерфейсы и алгоритмы клиентского приложения, приведены их примеры использования.*

*The paper describes the concept of formation and development of database (DB) of experiment parameters for research nuclear facilities. The goal of database development is solution of some specific applied problems, requiring an analysis of a large body of information on conditions of researches, facility's status and a series of other data.*

*Microsoft SQL Server is used as a server of databases. A client application, with whose aid a user interacts with the database, is implemented by means of Microsoft Visual Studio.*

*The paper presents a structure of databases, interfaces and algorithms of the client application, examples for their employment are given.*

В докладе описывается концепция организации и создание базы данных (БД) параметров экспериментов на ядерно-физических установках. Создание БД предпринято с целью решения некоторых характерных прикладных задач, требующих анализа большого объема (массивов) информации об условиях проведения исследований, состоянии установки и ряда других сведений, прямо или косвенно влияющих на безопасность работ.

При проведении облучательных экспериментов на импульсных ядерных реакторах (ИЯР) реактивность активной зоны (АЗ) изменяется в связи с установкой внутри или вблизи АЗ облучаемых объектов. Определяющим с точки зрения безопасности эксперимента фактором в данном случае является корректный учет влияния облучаемого объекта на реактивность АЗ. Учет такого влияния упрощается, если аналогичные эксперименты (в подобной геометрии с подобными объектами) проводились ранее.

Наличие хорошо структурированных данных о каждом проведенном пуске установки существенно облегчает решение задач по учёту влияния облучаемых образцов в конкретном эксперименте на параметры, определяющие безопасность проведения эксперимента. Другим важным аспектом эксплуатации современных исследовательских установок является грамотный и корректный контроль и учет их технического состояния.

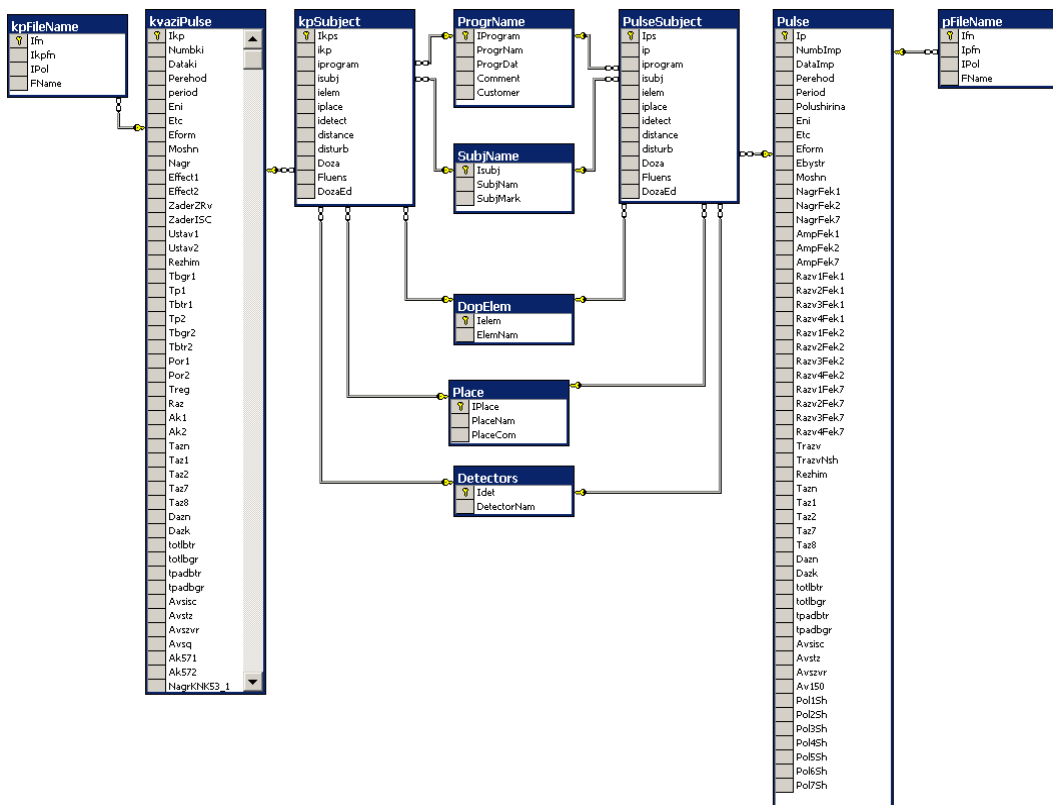
Создание баз данных сведений, необходимых для учета работающего персонала, выпуска эксплуатационной документации, обеспечивает надежное хранение данных о состоянии установки, оперативный доступ к данным о проводимых на установке технических мероприятиях, сортировку и выборку данных по различным параметрам, и оперативный анализ этих данных.

Одним из важнейших методов контроля состояния и работоспособности ИЯР является определение реактивности АЗ путём генерирования контрольного импульса в стандартной геометрии. Использование базы данных параметров этой категории измерений, проводимых на ИЯР, существенно облегчает сравнение и анализ результатов контрольного импульса.

Для создания баз данных был выбран клиент-серверный подход [1]. В качестве сервера баз данных использован Microsoft SQL Server, который обеспечивает хранение и основные алгоритмы системной и прикладной обработки информации [2]. Клиентское приложение, с помощью которого осуществляется взаимодействие пользователя с базой данных (наполнение, редактирование, просмотр, генерирование выборок данных), реализовано средствами Microsoft Visual Studio [3] с использованием встроенных механизмов доступа к данным. Такой подход обеспечивает надежность хранения, высокую доступность и скорость обработки данных и позволяет работать с базой одновременно большому количеству пользователей. При этом пользовательский интерфейс и прикладные алгоритмы обработки данных могут расширяться и модернизироваться, не требуя при этом громоздкой переработки всего программного продукта.

Microsoft SQL Server на данный момент является одной из наиболее привлекательных современных систем управления базами данных. [4] Средствами программируемого сервера она осуществляет защиту правильности и целостности данных в базе. Правила работы с данными хранятся вместе с данными, и единственной точкой контроля согласованности данных является сервер, поэтому устраняется необходимость хранения этих правил в каждом клиентском приложении. Надежность базы данных увеличивается еще тем, что целостность базы поддерживается независимо от клиентских приложений; правила, процедуры, также как и таблицы данных защищены от несанкционированного доступа.

В качестве примера реализации задач и подходов к их решению были созданы электронные базы данных (БД) параметров экспериментов, проводимых на импульсных ядерных реакторах. В процессе работы проведена систематизация исходной информации, структуризация информации в соответствии с реальными характерными режимами работы установки и с геометрией эксперимента (наличие, тип и расположение облучаемых образцов). Разработаны структура БД, алгоритмы обработки информации на стороне сервера, интерфейсы и алгоритмы клиентского приложения для работы с БД.



Структура базы данных для установки БИГР

В докладе представлены структура базы данных, интерфейсы и алгоритмы клиентского приложения для работы с базой данных. Также в докладе приведены примеры использования базы данных параметров экспериментов, проводимых на импульсном ядерном реакторе БИГР, для решения некоторых характерных прикладных задач, требующих анализа информации.

При создании базы данных, авторами совместно с ответственным персоналом установки БИГР проведены обсуждения принципов построения БД, согласованы основные структуры данных, описывающих параметры импульсов и квазиимпульсов, проводимых на установке. Определены типы данных, их размерности и взаимосвязи.

Для импульсов и квазиимпульсов определяются следующие общие параметры, для которых созданы общие таблицы:

- программа, тема, договор, по которым проводятся работы;
- описание объекта облучения;
- расположение объекта облучения;
- дополнительные элементы;
- детекторы.

База данных по параметрам экспериментов на ИЯР БИГР предназначена для решения следующих задач:

- надежное хранение параметров импульсов и квазиимпульсов, а также геометрии эксперимента в электронном виде;
- оперативный доступ к данным по проведенным экспериментам;
- сортировка и выборка данных по различным параметрам;
- оперативный статистический анализ данных по проведенным на установке экспериментам.

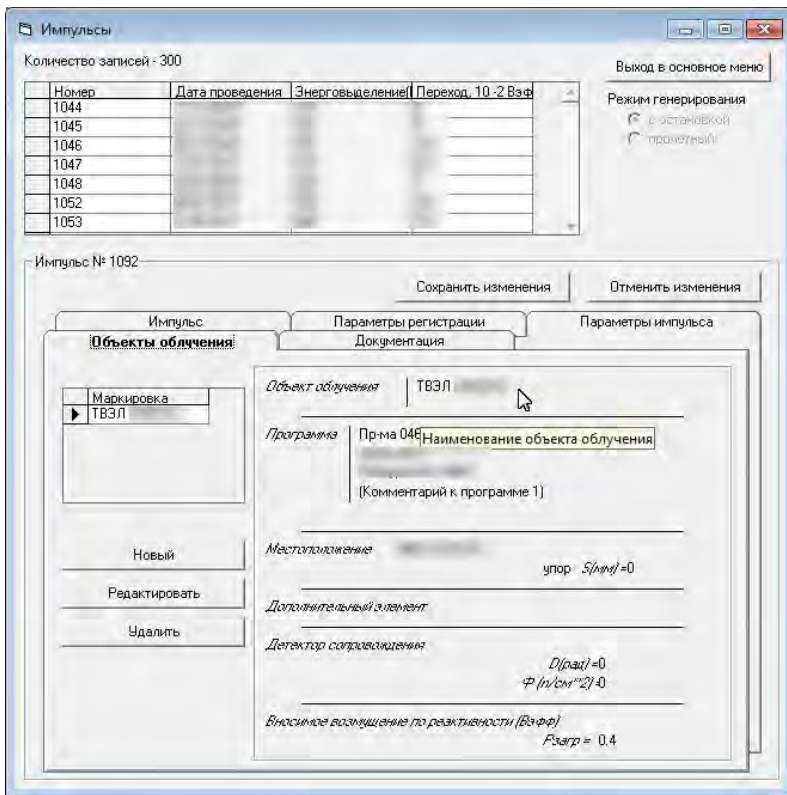
Разработан интерфейс, позволяющий:

- вводить в базу информацию по новым импульсам,
- редактировать параметры, уже введенных в базу импульсов и квазиимпульсов,
- просматривать отчеты по введенным запросам.

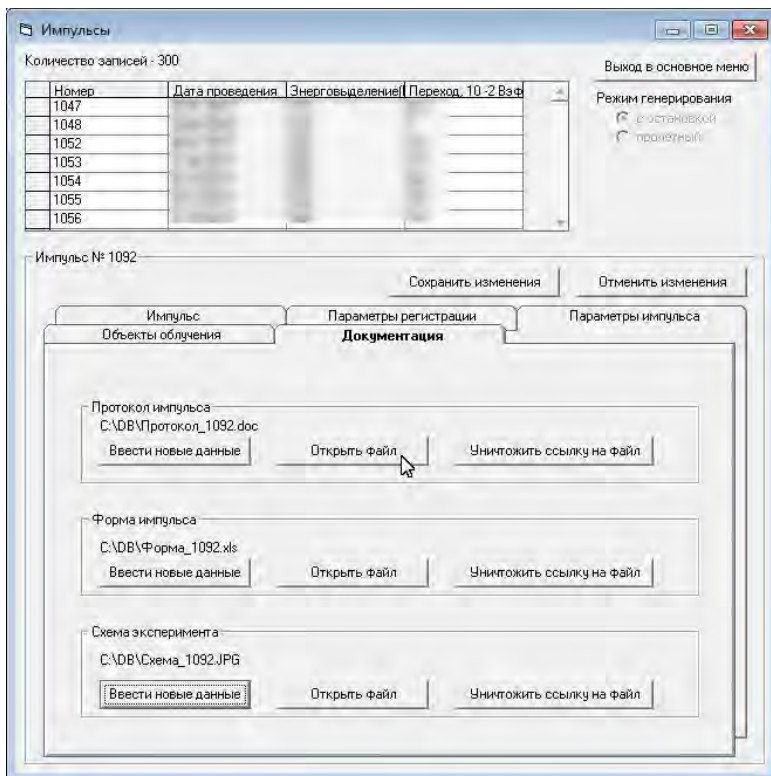
Для нормальной эксплуатации БД права доступа к ним были предоставлены из условия, что пользователь должен иметь доступ только к той информации, которая необходима в соответствии с его обязанностями. Система безопасности работает в режиме проверки подлинности пользователя с помощью аутентификации в сетевом домене Windows. Аутентификация в сетевом домене Windows дает определенные преимущества. На пользователях автоматически отражаются все правила политики безопасности, установленные в домене. Это повышает защищенность данных в SQL Server.

С целью облегчения управления правами доступа к объектам в БД созданы соответствующие пользовательские роли, которые предназначены для группировки пользователей и предоставления им необходимых прав доступа. Дальнейшее администрирование заключается в присвоении пользователю данной роли, либо удалению роли из свойств пользователя.

Взаимодействие пользователя с базой данных (наполнение, редактирование, просмотр, генерирование выборок данных) осуществляется с помощью клиентского приложения, реализованного средствами Microsoft Visual Studio.



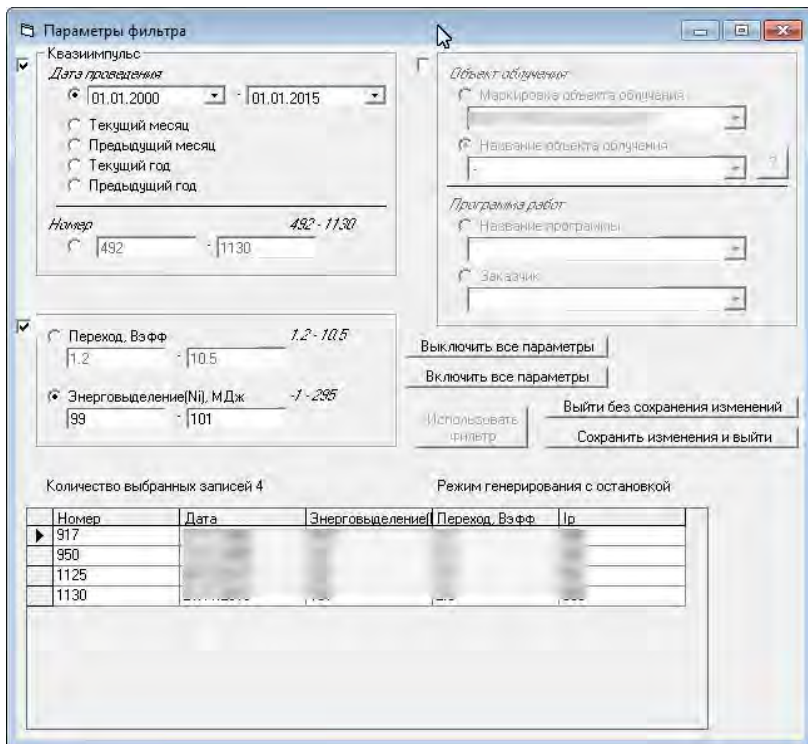
(БИГР) Форма «Импульсы» в режиме редактирования параметров импульса. Закладка «Объекты облучения» содержит сведения об объектах (объекте) облучения и предоставляет средства для их редактирования.



(БИГР) Форма «Импульсы» в режиме редактирования параметров импульса. Закладка «Документация»

Если некоторый объект уже подвергался облучению и информация по этому эксперименту занесена в базу данных, то при подготовке к новому эксперименту с этим же или подобным объектом использование базы данных позволяет до проведения эксперимента:

- восстановить геометрию предыдущих экспериментов: место расположения объекта, его размещение, расстояние до поверхности АЗ реактора, используемые детекторы сопровождения, вспомогательное оборудование (отражатели, конверторы, ловушки, экраны и т. д.), параметры регистрации пуска облучения (импульс, квазиимпульс);
- оценить возмущение по реактивности, вносимое облучаемым объектом;
- спрогнозировать переход в пуске облучения в зависимости от требуемого энерговыделения и после проведения эксперимента;
- проконтролировать неизменность «веса» импульсного стержня и, следовательно, неизменность геометрии самого реактора;
- проконтролировать эффективность детекторов квазиимпульсного режима.



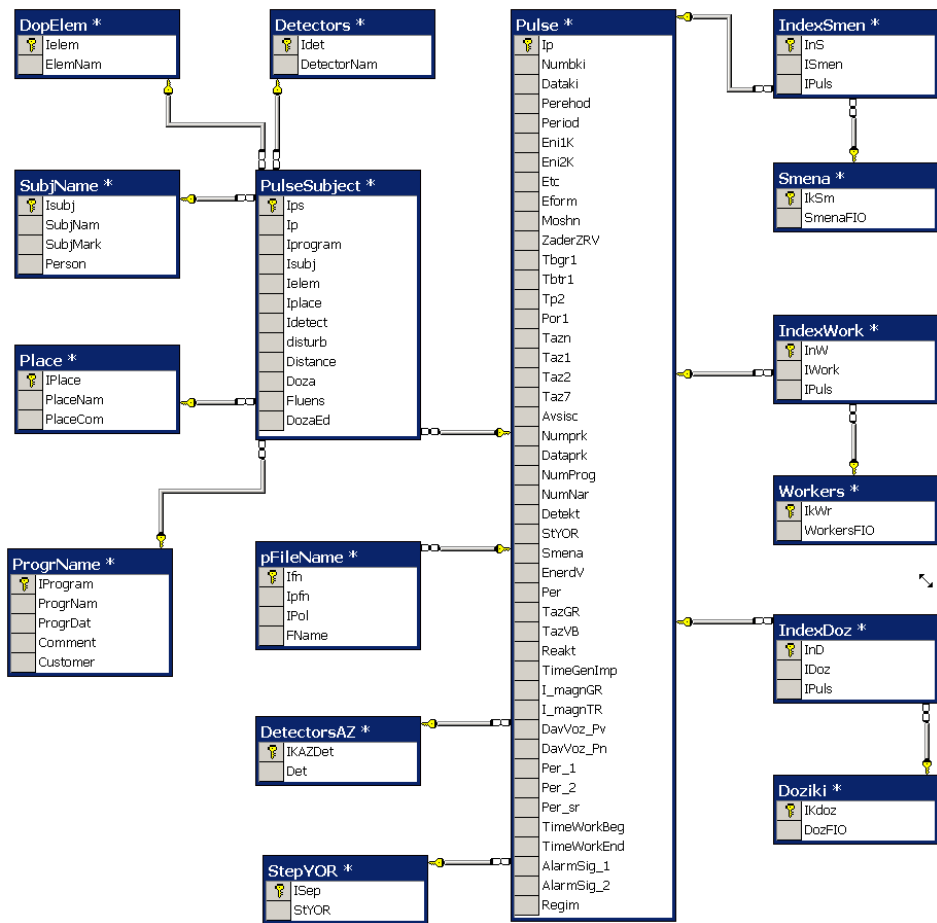
Форма «Параметры фильтра»

Эта форма предназначена для выбора из базы данных только тех импульсов (квазиимпульсов), которые удовлетворяют заданным параметрам.

Вышеперечисленные возможности позволяют на основе сравнения с предыдущими импульсами (квазиимпульсами) облучения проконтролировать правильность выбора геометрии и результатов проведенных физических измерений (эффективность детекторов, «вес» импульсного стержня) при подготовке нового подобного пуска. Это повышает уверенность эксплуатационного персонала и, в целом, безопасность проведения экспериментов на реакторе.

Базу данных удобно использовать для составления отчетности по всем пускам облучения или по пускам облучения с участием определенного объекта за некоторый период времени (месяц, квартал, год, произвольный интервал).

БД для ИЯР ГИР2 помимо блока хранения параметров экспериментов, была дополнена структурными элементами для хранения и обработки данных по журналам нарядов и по журналам ППО и ППР. Разработка компонентов базы данных (БД) и специализированных клиентских приложений, велась параллельно с эксплуатацией БД ГИР2, что ещё раз подтверждает правильность выбранной стратегии использования программного обеспечения и подходов выбранных для решения поставленных задач.



Структура базы данных для установки ГИР2

Структура элементов базы данных для ведения журнала нарядов на ИЯР ГИР2 предназначены для решения следующих задач:

- надежное хранение всех данных, заносимых в журнал нарядов;
  - оперативный доступ к данным по заполненным нарядам;
  - сортировка и выборка данных по различным параметрам.
- Разработанные формы клиентского приложения позволяют:
- вводить в базу данных информацию по новым нарядам;
  - редактировать параметры уже введенных в базу нарядов;
  - формировать отчеты (твердые копии) по введенным нарядам.

Для ведения журнала нарядов в базе данных GIR вновь созданы таблицы:

- наряд;
- нормативные документы;
- ответственные руководители;
- лица, записанные в наряд;
- должности сотрудников рабочей смены.

Использованы уже имеющиеся в базе данных GIR таблицы:

- состав рабочей смены;
- производители работ;
- дозиметристы.

Новые таблицы и процедуры, реализующие необходимые структуры данных и алгоритмы для работы с виртуальным журналом нарядов, интегрированы в единую базу данных экспериментов импульсного ядерного реактора ГИР2 и имеют тесные связи с ранее созданными в ней данными. Редактирование информации о наряде происходит в соответствующих формах путем выбора вариантов заполнения из выпадающих списков либо ввода в поля уникальной информации.

Наряд

Редактирование наряда (страница 1)

Номер журнала нарядов \_\_\_\_\_

Номер наряда \_\_\_\_\_ Выбор наряда по номеру => \_\_\_\_\_

На проведение работ на комплексе ГИР-2

Действителен с \_\_\_\_\_ до \_\_\_\_\_

1. Место работы: площадка \_\_\_\_\_, здание \_\_\_\_\_

2. Содержание работы: Генерирование импульсов п делений.  
(с указанием степени ядерной опасности)

3. Основание на работу: План \_\_\_\_\_  
(Планы подразделений, номера и даты заданий, программ, приказов, договоров с указанием отв. исполнителей)

4. Документы, которыми следует руководствоваться при работе:

Руководство по эксплуатации \_\_\_\_\_

Технологическая инструкция \_\_\_\_\_

Инструкция по РБ \_\_\_\_\_

5. Участники работы:

6. Состав смены:

Статус:  Группа эксплуатации  
 Дозиметристы  
 Участники работ

Ответственный руководитель \_\_\_\_\_

Список сотрудников

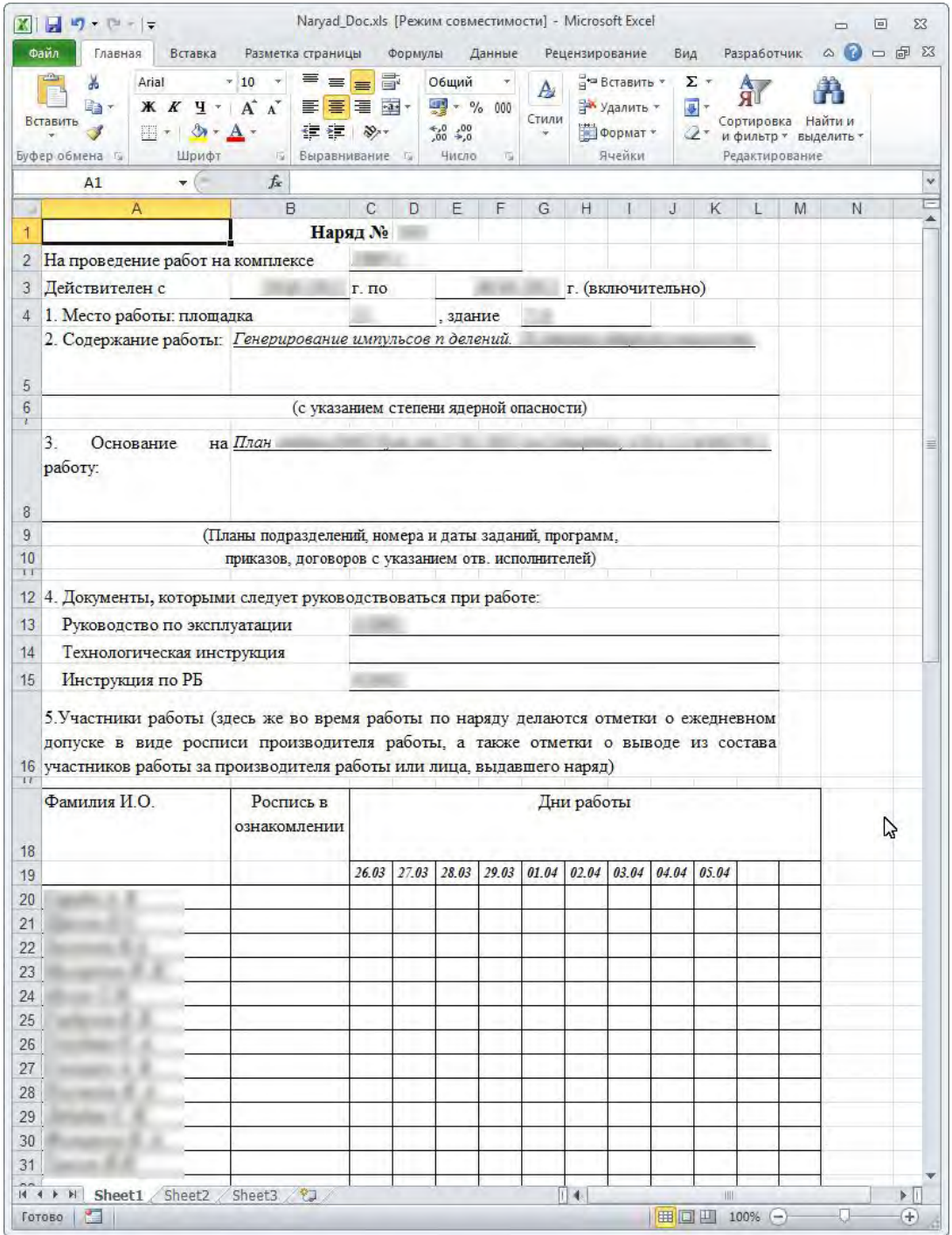
ФИО	Должность
	Старший инженер по управлению
	Ст.инженер, инженер, ст.техник по электронике
	Ст.инженер, инженер, ст.техник по эксплуатации
	Дозиметрист
	Дозиметрист
	Уборщица
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ
	Участник работ

Новый сотрудник

Страница 1      Страница 2

Форма «Наряд» в режиме просмотра основной информации

Новые формы пользовательского интерфейса обеспечивают удобный ввод данных, а встроенные алгоритмы клиентского приложения генерируют полностью заполненные и готовые для печати листы журнала нарядов в формате Microsoft Excel, максимально приближенные по формату к используемым в «бумажном» варианте журнала.



Итоговый документ в формате Excel, лист 1



Naryad\_Doc.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Разработчик

Буфер обмена Вставить Шрифт Выравнивание Число

Общий % 000

Стили Вставить Удалить Формат Ячейки

Сортировка Найти и фильтр выделите Редактирование

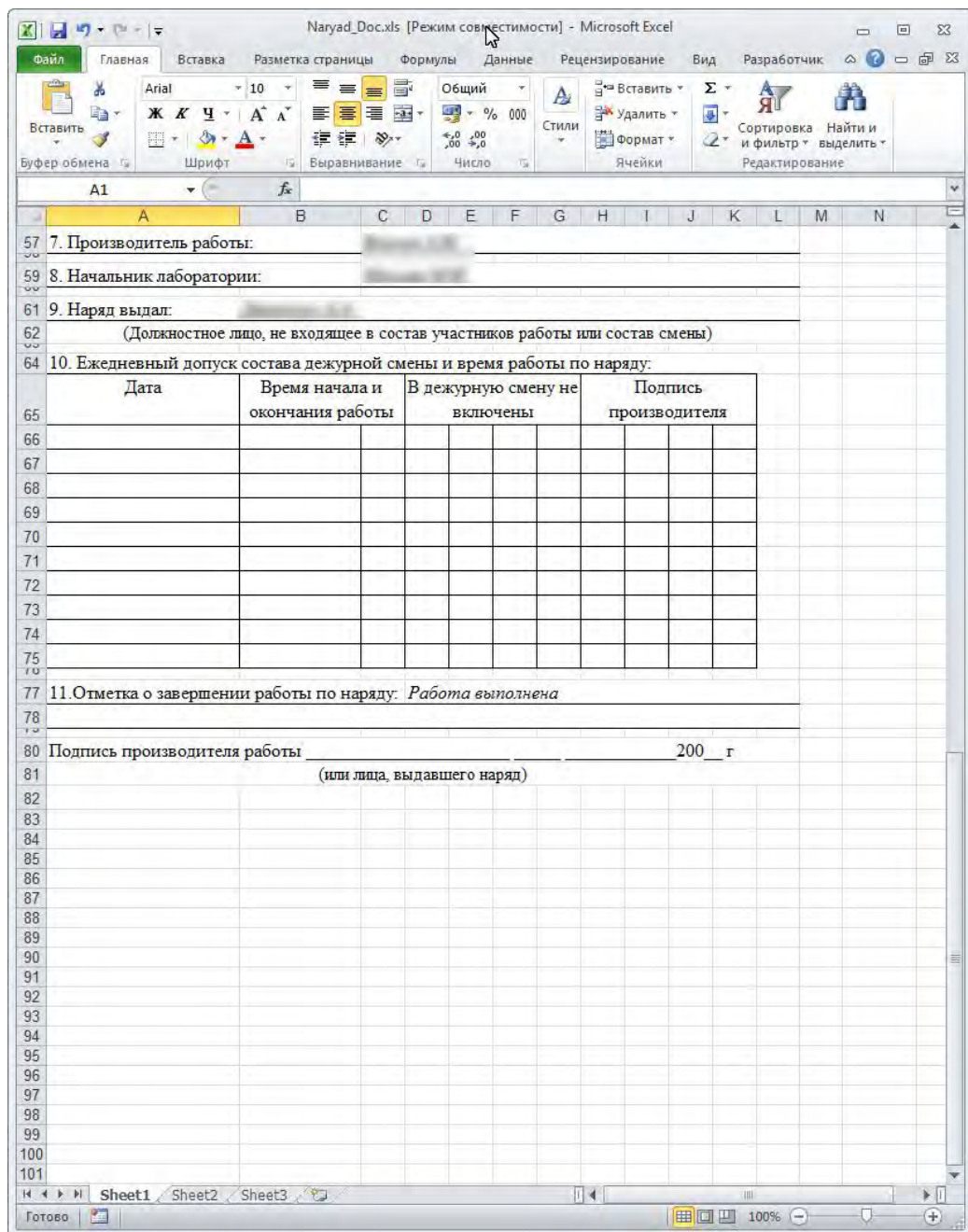
A1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41	<b>6. Состав смены:</b>													
42	Должность при работе	Фамилия И.О.	Роспись в ознакомлении	Дополнительные сведения										
43	Ответственный руководитель													
44	Ответственный контролер													
45	Нач. группы эксплуатации													
46	Старший инженер по управлению													
47	Ст. инженер, инженер, ст. техник по электронике													
48	Ст. инженер, инженер, ст. техник по эксплуатации													
49	Дозиметрист													
50	Лаборант													
51	Уборщица													
52														
53	<b>7. Производитель работы:</b>													
54														
55	<b>8. Начальник лаборатории:</b>													
56														
57														
58														
59														

Sheet1 Sheet2 Sheet3

Готово 100%

Итоговый документ в формате Excel, лист 2



Итоговый документ в формате Excel, лист 3

Разработанный комплекс обеспечивает хранение информации о журнале нарядов и оперативный доступ эксплуатационного персонала к этой информации.

Использование разработанного программного обеспечения, облегчает и ускоряет анализ и систематизацию результатов экспериментов, а так же делает более комфортным оформление документации по проведенным импульсам.

В части работы с базой данных, для электронной обработки журналов ППО и ППР, были созданы хранимые процедуры, необходимые для просмотра, внесения новых и изменения уже существующих данных в таблицы, относящиеся к заполнению информации по СУЗ реактора, механической части и измерению уровня шумов короны счетчиков и  $\alpha$ -фона камер деления I, II диапазонов.

Разработка форм клиентского приложения велась с учетом структуры существующих журналов ППО и ППР, таким образом, чтобы обеспечить оператору привычный вид заполнения соответствующих граф и полей. Примеры форм представлены следующих на рисунках.

The screenshot shows a software window titled 'СУЗ'. At the top, there are three buttons: 'Сохранить новую запись в журнал', 'Сохранить отредактированную запись в', and 'Печать в Excel'. Below the buttons, there are several tabs: 'Аварийная сигнализация. Инструмент.', 'Аварийное освещение. Пневмокостюмы ЛГ-4', 'Электронные блоки. Стойка "И"', 'И стабилизированные источники питания, В. Стойка "А"', and 'Пульт. Механизмы.'. The main content area is divided into two sections. The first section is titled 'Электронные блоки' and contains a 'Дата проверки' dropdown menu, a 'Результат проверки' field with the text 'Осмотрены визуально, исправны.', and a 'Дата проверки' dropdown menu. The second section is titled 'Источники напряжения. Стойка "И"' and contains a 'Дата проверки' dropdown menu, a 'U счётчиков 1,7 КВ' field with the value 'U предусил. счётчиков/накал. 300В/6,5 В', and a table with four columns: 'I канал', 'II канал', 'I канал', and 'II канал'. The table contains the following data: 'I канал' (Norma), 'II канал' (Norma), 'I канал' (58% шкалы/71), and 'II канал' (58% шкалы/71). On the left side, there are two vertical panels with 'Дата проверки' dropdown menus and 'V' buttons. At the bottom left, there is a '<= Назад' button.

Форма интерфейса пользователя

The screenshot shows a software window titled 'Механическая часть'. At the top, there are three buttons: 'Сохранить новую запись в журнал', 'Сохранить отредактированную запись в', and 'Печать в Excel'. Below the buttons, there are several tabs: 'Телега. Отсутствие а-загрязнения поверхности чехлов блоков узла А3.', 'Установка', 'Защита биологическая. Шибер.', and 'Защита откатная. Механизм 30.'. The main content area is divided into two sections. The first section is titled 'Телега' and contains a 'Дата проверки' dropdown menu, a 'Качество и уровень масла в:' field with the text 'редукторе "стенда" приводе "стола"', and three columns: 'Смазка подшипников, осей, направляющих, винта, цепи.', 'Крепежные соединения, электромеханические', 'Уровень в норме, визуально масло чистое.', 'Уровень в норме, визуально масло чистое.', 'Направляющие, цепь, звёздочка, винт перемещения стола смазаны.', and 'Крепежные соединения проверены, электромеханические контакты исправны.'. The second section is titled 'Отсутствие а-загрязнения поверхности чехлов блоков узла А3' and contains a 'Дата проверки' dropdown menu and a text field with the text 'Взяты мазки, загрязнений нет.'. On the left side, there are two vertical panels with 'Дата проверки' dropdown menus and 'V' buttons. At the bottom left, there is a '<= Назад' button.

Форма интерфейса пользователя

Измерение уровня шумов короны счетчиков и  $\alpha$  - фона камер деления I, II диапазонов

Сохранить новую запись в журнал

Сохранить отредактированную запись в

Печать в Excel

Количество отсчетов по каналам на счётчиках: Скорость счёта камер имп/сек \* 1/100

Дата проверки

Уровень дискриминац

Количество отсчетов по каналам на счётчиках

Даты предыдущих проверок/выбор журнала по дате:

Дата проверки

Jg = 0 mA	I канал	1221616	1232144	1235013	1236588	1240515
	II канал	1347959	1350947	1350849	1350176	1351146
Jg = 0,5 mA	I канал	175673	175288	176393	176840	178270
	II канал	552667	552403	553688	554112	554990
Jg = 1,0 mA	I канал	33271	33513	33356	33909	33759
	II канал	224823	225185	224873	224046	224824
Jg = 1,5 mA	I канал	5201	5305	5250	5222	5360
	II канал	82831	82606	82797	82565	83668
Jg = 2,0 mA	I канал	1421	1416	1497	1434	1462
	II канал	26794	26863	27006	27076	27257
Jg = 2,5 mA	I канал	871	921	920	906	909
	II канал	10580	10437	10661	10283	10593
Jg = 3,0 mA	I канал	777	847	783	856	828
	II канал	3304	3355	3260	3356	3254
Jg = 3,5 mA	I канал	829	817	837	809	787
	II канал	1781	1729	1757	1677	1720
Jg = 4,0 mA	I канал	820	794	829	824	790
	II канал	1065	1065	1043	1013	1149
Jg = 4,5 mA	I канал	772	871	797	827	898
	II канал	948	939	933	938	893
Jg = 5,0 mA	I канал	756	807	799	815	848
	II канал	845	810	853	833	861

<= Назад

Форма интерфейса пользователя

В клиентском приложении предусмотрена возможность создания отчётов формате Excel. Разработка формы этих отчётов проводилась таким образом, чтобы они не отличались от привычных журналов ППО и ППР.

Данные из журналов за предыдущие годы внесены в базу данных. Таким образом, обеспечена возможность ведения журналов ППО и ППР реактора ГИР2 в электронном виде.

Механическая часть\_ЛПР и ППО.xls [Режим совместимости] - Microsoft Excel

Механическая часть

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

1

2

3 1

4 **Телега**

Качество и уровень масла в:		Смазка подшипников, осей, направляющих, винта, цепи, звездочки		Крепежные соединения, электромеханические контакты		Дата
редукторе "стенда"	приводе "стола"					Подпись
Уровень в норме, визуально масло чистое.	Уровень в норме, визуально масло чистое.	Направляющие, цепь, звездочка, винт перемещения стола смазаны.		Крепежные соединения проверены, электромеханические контакты исправны.		

7

8

9 2

10 **Установка**

Качество и уровень масла в:				Смазка					Крепежные соединения, электромеханические контакты	Дата
приводе БТР	приводе БТР	упоре БТР (редуктор)	конверторе (привод поворота)	подшипника узел привода БТР	винт и вал привода БТР	трущиеся поверхности блока БТР	трущиеся поверхности упора БТР	шестерни поворота конвертора	Подпись	
Норма, визуально масло чистое во всех редукторах.	Норма, визуально масло чистое во всех редукторах.	Норма, визуально масло чистое во всех редукторах.	Норма, визуально масло чистое во всех редукторах.	Смазано.	Смазано.	Смазано.	Смазано.	Смазано.	Крепежные соединения и электромеханические контакты проверены.	

13

14

15 **Отсутствие  $\alpha$ -загрязнения повехности чехлов блоков узла А3**

16

Результат		Дата, подпись
Взяты мазки, загрязнений нет.		

18

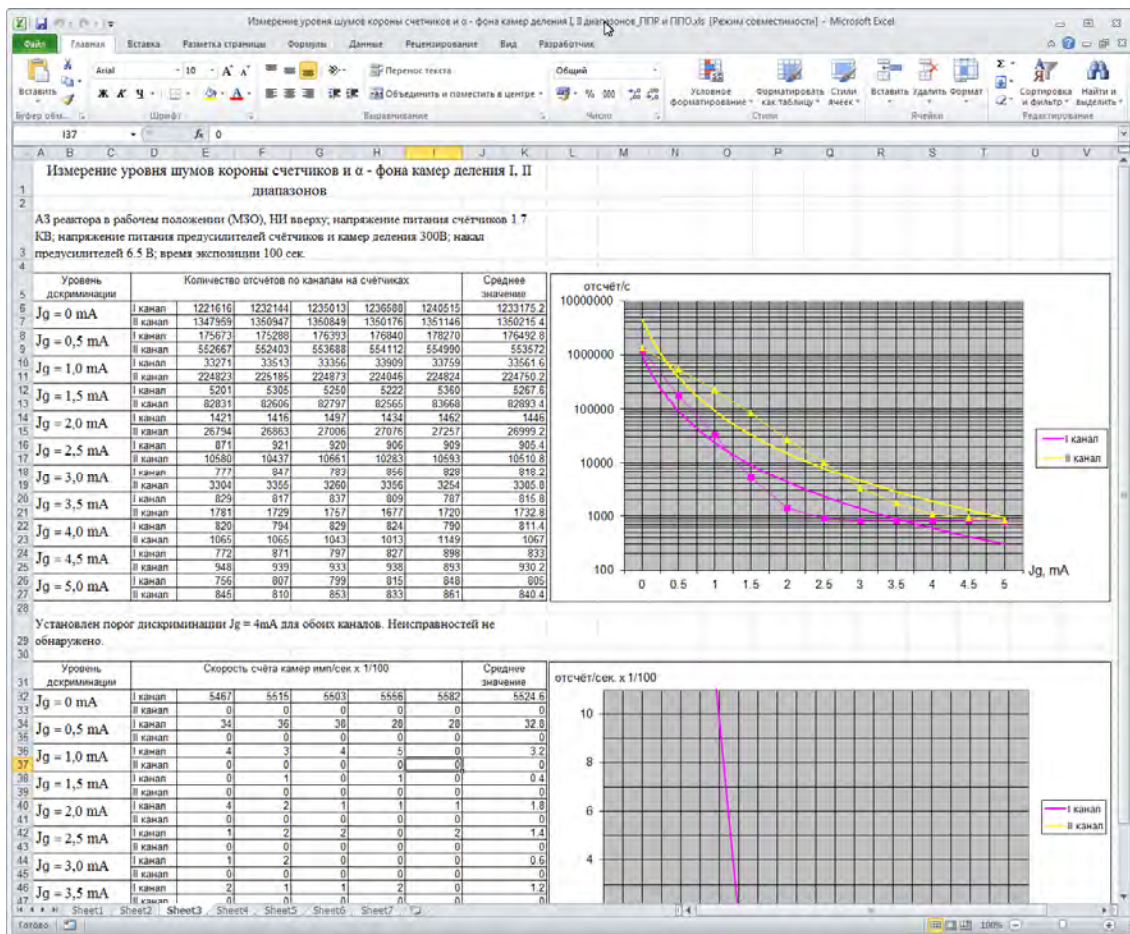
19

20 3

**Зщита биологическая**

Sheet1 Sheet2 Sheet3 Sheet4 Sheet5 Sheet6 Sheet7

Пример формы в виде заполненной таблицы Excel



Пример формы в виде заполненной таблицы Excel

На основе полученного опыта создания и эксплуатации БД, можно сделать выводы о необходимости и своевременности проведения подобных разработок. Возможно расширение внедрения описанных в докладе подходов на другие исследовательские установки ВНИИЭФ, в частности на эксперименты, с импульсными источниками излучения типа «плазменный фокус», проводимыми с использованием мощных конденсаторных источников энергии. Изложенная концепция построения БД может быть полезна, также разработчикам баз данных, суммирующих результаты ядерных испытаний.

### Список литературы

1. Мамаев Е. Microsoft SQL Server 2000. СПб., БХВ-Петербург, 2001. С. 1280.
2. Михеев Р. MS SQL Server 2005 для администраторов. СПб., БХВ-Петербург, 2006. С. 544.
3. Дженингс Р. Руководство разработчика баз данных на Visual Basic 6.:Пер. с англ. –К.; М.; СПб.: Издательский дом «Вильямс», 1999. С. 976.
4. Брайан Найт, Кетан Пэтел. MS SQL Server 2008: руководство администратора для профессионалов. СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2009. С. 944.