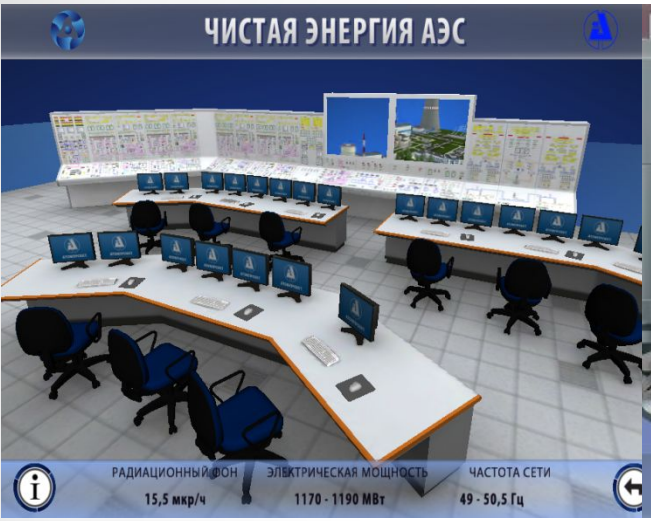
# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

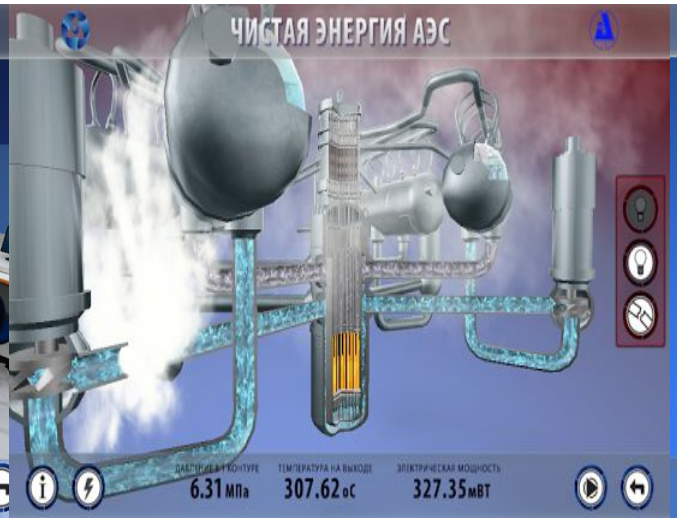
**Авторы проекта :** Ондасынов Арнат , Майлыбаева Мира

**Школа :** Областная специализированная школа-интернат для одаренных детей с углубленным изучением различных предметов

**Секция :** Информатика

**Цель исследования :** Создание компьютерной программы, позволяющей моделировать изменение параметров работы ядерного реактора и управлять им.



## ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

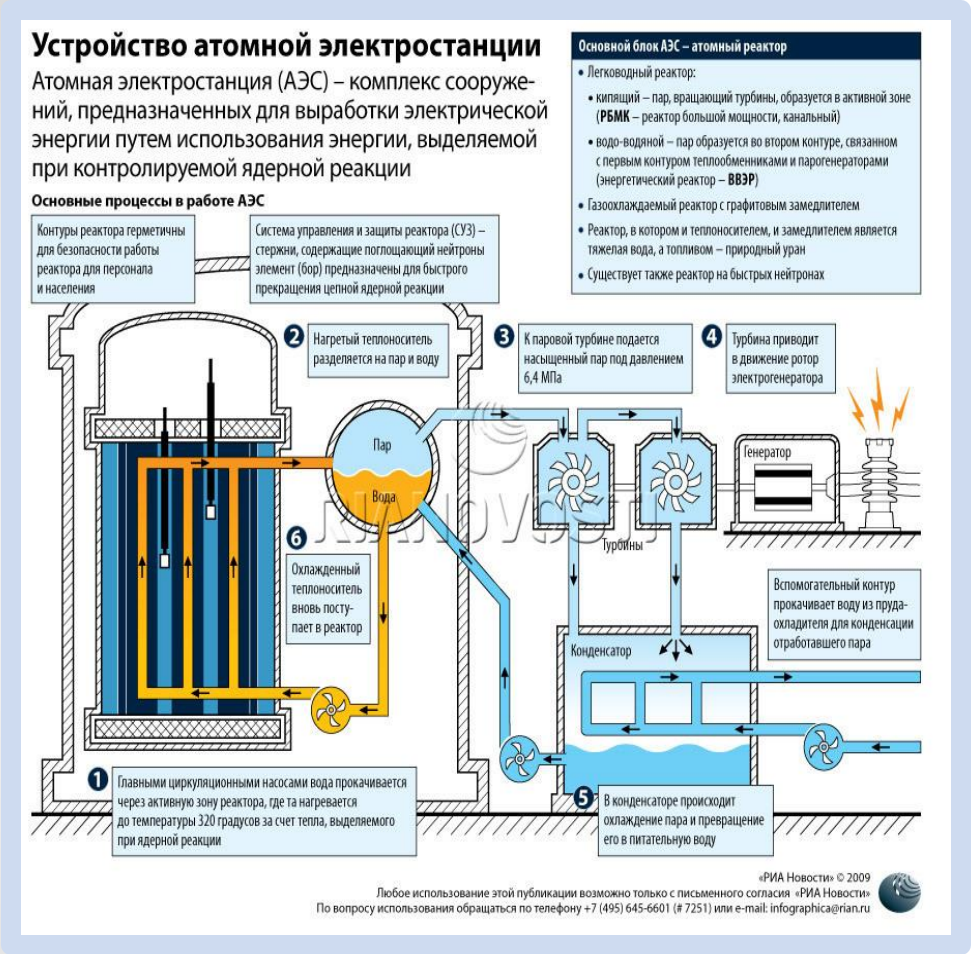
- Проанализировать научную литературу по теме исследования;
- Изучить работу ядерного реактора;
- Создать компьютерную программу по моделированию работы ядерного реактора.

**Гипотеза:**

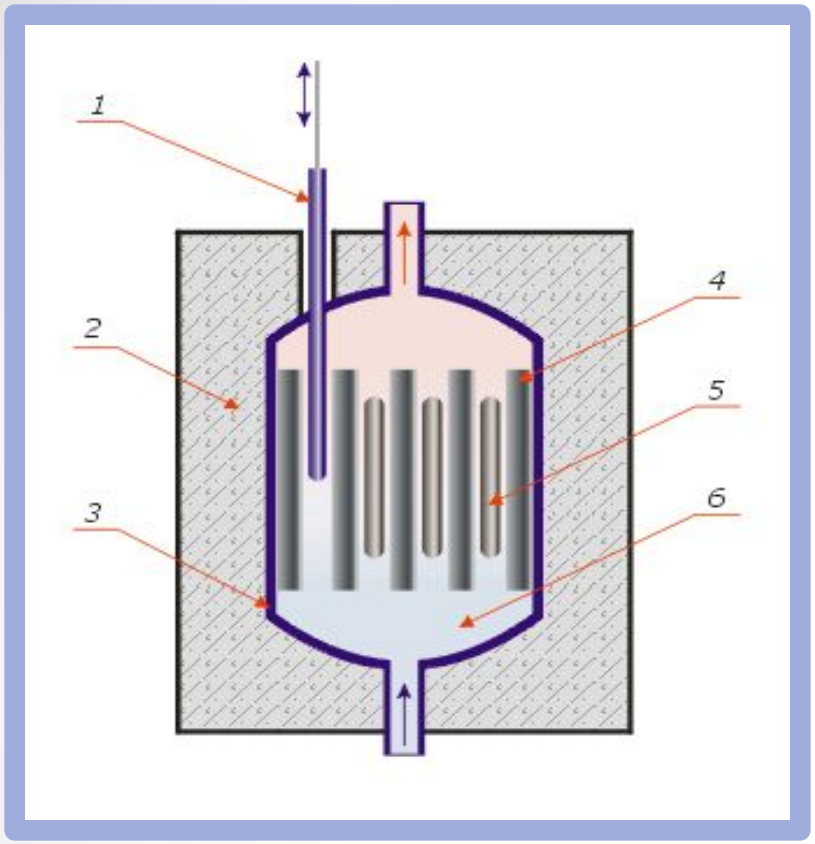
Если создать компьютерную программу, моделирующую параметры работы ядерного реактора, то появится возможность экспериментирования по изменению этих параметров в затрудненных финансовых и физических условиях, так как компьютерные модели проще и удобнее в использовании на производстве.

**Новизна научной работы:**

В настоящее время в Казахстане практически отсутствуют отечественные разработки в области управления ядерными реакторами.




**Атомная электростанция (АЭС) – ядерная установка для производства энергии в заданных режимах и условиях применения, располагающаяся в пределах определённой проектом территории, на которой для осуществления этой цели используются ядерный реактор (реакторы) и комплекс необходимых систем, устройств, оборудования и сооружений с необходимыми работниками (персоналом).**



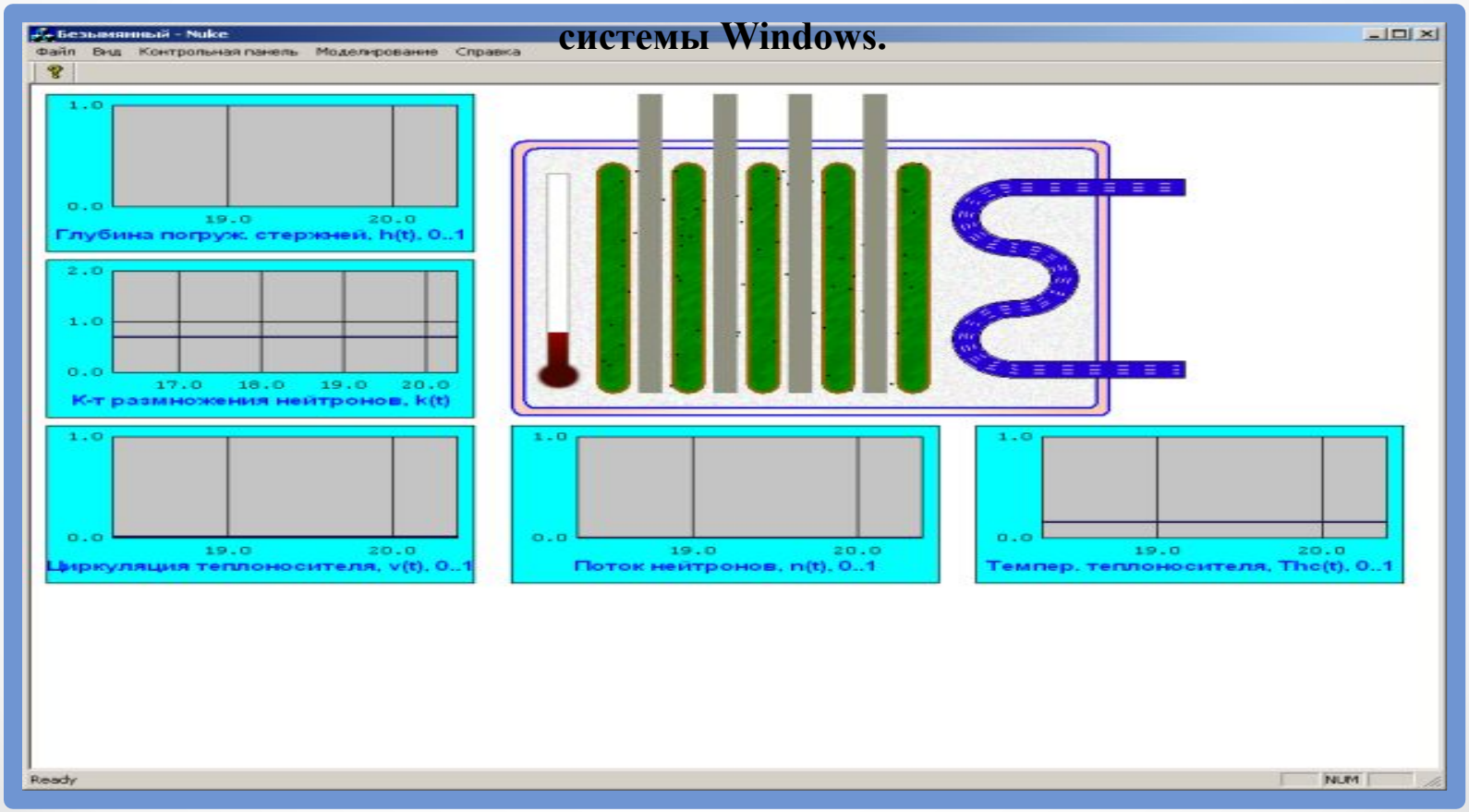

**Ядерный реактор – это устройство, предназначенное для организации управляемой самоподдерживающейся цепной реакции деления, которая всегда сопровождается выделением энергии (1 МВт на 3·1016 актов деления в секунду).**

**Схематическое устройство гетерогенного реактора на тепловых нейтронах**
**1-Управляющий стержень; 2- Радиационная защита; 3-Теплоизоляция; 4-Замедлитель; 5- Ядерное топливо; 6- Теплоноситель**

**Компьютерная модель включает в себя модель ядерного реактора с автоматическим управлением и контролем параметров реакции.**

**Разработка программы выполнена в среде разработки Microsoft Visual C++ 6.0.**

**В программе обеспечена возможность подачи команд оператором и моделирования нештатных ситуаций. Программа создана для работы под управлением операционной системы Windows.**



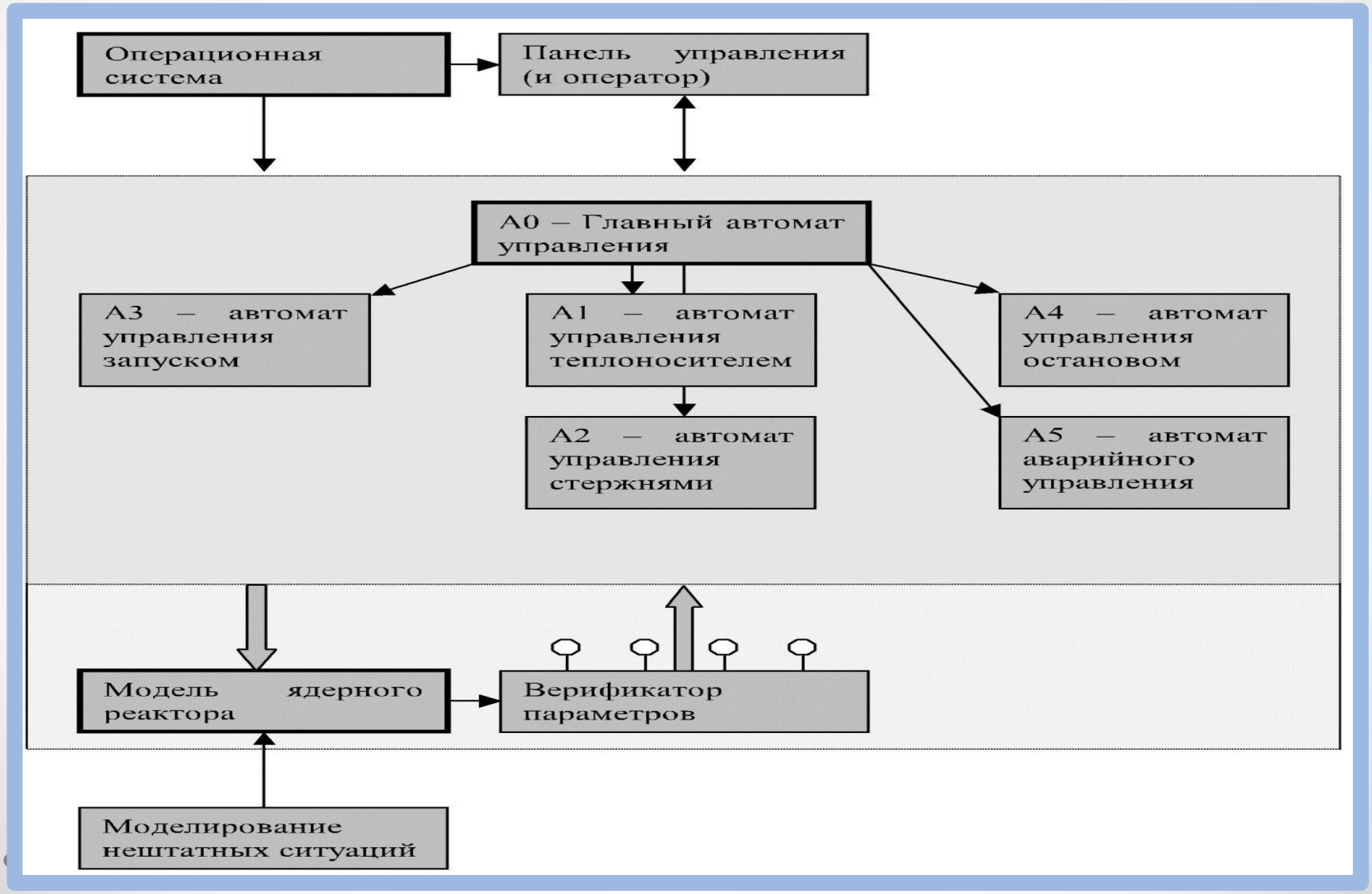

**Интерфейс пользователя**

**Функциональная спецификация системы**
**Система управления должна выполнять следующие функции :**

- Оперативно реагировать на изменения условий протекания реакции путем выработки необходимых корректирующих воздействий ;
- Гарантировать поддержание всех важных параметров в допустимых пределах;
- При выходе параметров за пределы нормального диапазона попытаться восстановить нормальный режим работы;
- Если параметры работы реактора таковы, что ситуация не может быть исправлена, производить экстренную остановку реактора;
  В критических ситуациях управления на себя должен брать блок защиты системы.

# Описание логики управления

**Логика управления сосредоточена в системонезависимой автоматной части. Автоматы реализованы как отдельные функции.**



**Автомат управления теплоносителем (A1)**

Как следует из названия, этот автомат управляет теплоносителем. Для этого он использует информацию о температуре и, частично, о количестве нейтронов. Логика этого автомата имеет схожую структуру с логикой автомата A2, управляющего стержнями. В качестве выходных воздействий в автомате используются функции «увеличить скорость теплоносителя» и «уменьшить скорость теплоносителя».

**Автомат управления стержнями (A2)**

Этот автомат управляет стержнями. Для этого он использует информацию о количестве нейтронов и о температуре. Логика этого автомата имеет схожую структуру с логикой автомата A1. В качестве выходных воздействий в автомате используются функции «увеличить глубину погружения стержней» и «уменьшить глубину погружения стержней».

**Автомат управления запуском (A3)**

Этот автомат вызывается из автомата A0, когда его состояние соответствует запуску реактора. Автомат A3 отвечает за действия, связанные с запуском реактора: он ничего не делает до тех пор, пока не будет произведена предпусковая инициализация ретьих (не рассматриваемых в работе) систем (долговременные операции, такие как, разогрев труб). После этого автомат обеспечивает начальный разгон теплоносителя до определенной скорости с тем, чтобы автомат A0 мог перейти в состояние «Работа».

**Автомат управления остановом (A4)**

Этот автомат получает управление от автомата A0 в состоянии штатного останова реактора, которое происходит в случае нажатия оператором специальной кнопки на панели управления. Логика управления достаточно проста: сначала производится опускание стержней до максимума, затем реактор охлаждается (для этого теплоноситель разгоняется), а потом производится торможение теплоносителя.

**Автомат аварийного управления остановом (A5)**

Этот автомат, также как и автомат A4, управляет остановом, однако разница в том, что здесь останов экстренный. При первой передаче управления этому автомату включается аварийный звуковой сигнал. После этого автомат производит экстренные действия, связанные с быстрой нейтрализацией последствий факторов, вызвавших аварийную ситуацию.

# Заключение

- **В результате работы мы достигли своей цели и подтвердили гипотезу изложенные в абстракте.**
- **В виду недоступности некоторых технических характеристик ядерного реактора описанной в работе, модель получилась приближенная. Однако при наличии точных данных модель легко усовершенствовать. Результаты работы можно использовать в обучении школьников и студентов, связанных с решением задач атомной энергетики.**
- **Учитывая все вышесказанное, мы можем сделать следующие выводы:**
- **Компьютерное моделирование позволяет проводить эксперименты, реализация которых в реальности дорогостояще, длительно, труднодоступна.**
- **Полученные результаты позволяют с полной уверенностью утверждать, что в Казахстане возможна разработка программного обеспечения для управления ядерными реакторами.**
- **Поскольку большинство данных по атомной технике относится к государственной или военной тайне, компьютерная модель получилась приближенной.**
- **Данная работа может быть продолжена и улучшена при наличии точных данных и перерасти в серьезную исследовательскую работу, и служит для развития атомной энергетики Казахстана.**

friend class Nuke_model; // модели должны быть доступны любые изменения параметров
private:
timetype _time; // текущее время реактора (модели)
// Сделаны графики
double _h; // глубина погружения стержней, в процентах (0-100)
double _k; // коэфицент размножения (примерно равен 1)
double _v; // скорость обращения теплоносителя, в процентах (0-100)
double _n; // число вылетающих нейтронов, в процентах (0-100)
double _Thc; // температура теплоночителя, в процентах (0-100)
// Не сделаны графики
double _Twa; // температура рабочей зоны
double _ N; // тепловая мощность
double _P; // полезная мощность (электрическая)
// смещения для основных параметров
double _dtime; // смещения по времени (вперед/назад)
double _dh; // смещения глубины погружения (напр. стержень сломался)
double _dk; // смещения к-та размножения (напр. дырка в реактора)
double _dv; // смещения скорости теплонос (затор в трубах)
double _dn; // изменения числа нейтронов (доп. источник)
double _dTwa; // изменения темп. акт. Зоны (нарушен теплооток)
double _dThc; // изменения темп. Теплоносителя (нарушен теплопоток)
public;
// constructor
inline Nuke _data ();
// getters
inline timetype time () const;
inline double h () const;
inline double k() const;
inline double v() const;
inline double n() const;
inline double Thc() const;
inline double Twa() const;
inline double N() const;
inline double P() const;
// setters: будут реализованы лишь примитивные сеттеры, не требющие сложных расчетов.Все нетривиальные, а также зависимые от выбранной модели расчеты будут производиться в Nuke_model
//
//
protected:

```
//-[ структура данных для блока управления ЯР
// доступны изменения:
// инкрементировать h – “ погрузить стержни ” на величину
// декрементировать h – “ выдвинуть стержни ” на величину
// установить скорость циркуляции теплоносителя
struct Csystem_data : public Nuke_data
{
public:
Csystem_data(const Nuke_data& data) : Nuke_data(data) {}

inline void cd_inc_h() { ibc_h(); }
inline void cd_dec_h() { dec_h(); }
inline void cd_set_v(double v) { set_v(v); }
inline void cd_inc_v() { inc_v(); }
inline void cd_dec_v() { dec_v(); }
};

//-[ структура данных для интерфейса пользователя
// доступны изменения;
// инкрементировать h – “погрузить стержни” на величину
// установить скорость циркуляции теплоносителя
struct Useriface_data : public Nuke_data
{
public:
Useriface_data(const Nuke_data& data) : Nuke_data(data) {}

inline void ud_inc_h() { ibc_h(); }
inline void ud_dec_h() { dec_h(); }
inline void ud_set_v(double v) { set_v(v); }

inline void ud_set_dtime(double dtime); { set_dtime(dtime); }
inline void ud_set_dh(double dh); {set_dh(dh);}
inline void ud_set_dk(double dk); {set_dk(dk);}
inline void ud_set_dv(double dv); {set_dv(dv);}
inline void ud_set_dn(double dn); {set_dn(dn);}
inline void ud_set_dTwa(double Twa); {set_dTwa(dTwa);}
inline void ud_set_dThc(double dThc); {set_ dThc (dThc);}
```

```
// getters
inline timetype Nuke_data: : time( ) const    {return _time + _dtime; }
inline double Nuke_data: : h () const         { return _h + _dh; }
inline double Nuke_data: : k () const         { return _k + _dk; }
inline double Nuke_data: : v () const         { return _v + _dv; }
inline double Nuke_data: : n () const         { return _n + _dn; }
inline double Nuke_data: : Thc () const       { return _Thc + _dThc; }
inline double Nuke_data: : Twa () const       { return _Twa + _dTwa; }
inline double Nuke_data: : N () const         { return _N; }
inline double Nuke_data: : P () const         { return _P; }

// some getters

inline void Nuke_data: :inc_time( timetype dt)        ( _time += dt; )

inline void Nuke_data: :inc_h() { _h = ( (_h<100) ? _h + PIVOT_H_STEP : 100); }
inline void Nuke_data: :dec_h()        { _h = ( (_h>0) ? _h - PIVOT_H_STEP : 0); }

inline void Nuke_data: :set_v(double v)        { _v = v; }
inline void Nuke_data: :inc_v() { _v = ( (_v<100) ? _v + HEAT_CARRIER _V_STEP:100);}
inline void Nuke_data: :dec_v()        { _v = ( (_v>1) ? _v - HEAT_CARRIER _V_STEP:1);}

// additional setters
inline void Nuke_data: :set_dtime(double dtime)        { _dtime = dtime; }
inline void Nuke_data: :set_dh(double dh)        { _dh = dh; }
inline void Nuke_data: :set_dk(double dk)        { _dh = dh; }
inline void Nuke_data: :set_dv(double dv)        { _dh = dh; }
inline void Nuke_data: :set_dn(double dn)        { _dh = dh; }
inline void Nuke_data: :set_dTwa(double dTwa)        { _dTwa = dTwa ;}
inline void Nuke_data: :set_dThc (double dThc)        { _dThc = dThc;}

inline void Nuke_data: :set_Twa(double Twa)        { _Twa = Twa;}

// inline void Nuke_data: : set_p(double P)        { _P = P; }

#endif // NUKE_DATA_H_
```