

АО ВНИИАЭС
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»

Документация по модели АСРК

Москва 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1	Расчет скорости активации теплоносителя 1-го контура	4
1.1	Объем моделирования	4
1.2	Активация теплоносителя нуклидами, выходящими из-под оболочки ТВЭЛа	5
1.3	Образование радиоактивных нуклидов в теплоносителе под действием облучения	10
1.3.1	Азот 16	12
1.3.2	Аргон 41	14
1.3.3	Калий 42	14
1.3.4	Тритий	16
1.3.5	Натрий 24	17
1.3.6	Углерод 14	18
1.3.7	Основные параметры радиоактивных нуклидов, образующихся в теплоносителе	22
2	САПР теплогидравлики	24
3	Модель АСРК	27
3.1	Общая модель датчика	27
3.2	Датчики ОА	29
3.3	Датчики активности	53
3.4	Датчики МПД и МАЭД	58
	Список использованных источников	70

1 РАСЧЕТ СКОРОСТИ АКТИВАЦИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ 1-ГО КОНТУРА

1.1 ОБЪЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В модели рассчитывается активация теплоносителя первого контура следующими радиоактивными нуклидами: I-131, I-132, I-133, I-134, I-135, Cs-134, Cs-137, Cs-138, Rb-88, Co-60, Xe-133, Xe-135, Xe-137, Xe-138, Kr-85, Kr-87, Kr-88, Ar-41, H-3, K-42, Na-24, C-14, N-16. Перенос каждого из приведенных нуклидов в теплоносителе рассчитывается отдельно для детального моделирования распределения источников активности по теплогидравлическим системам. Для удобства нуклиды дополнительно группируются по типам радиоактивных примесей: йодная группа (I-131, I-132, I-133, I-134, I-135), группа нуклидов, входящих в состав аэрозолей – (Rb-88, Cs-134, Cs-137, Cs-138, Co-60), группа нуклидов, входящих в состав инертных радиоактивных газов «ИРГ» (Kr-85, Kr-87, Kr-88, Xe-133, Xe-135, Xe-137, Xe-138).

Нуклиды, входящие в состав йодной, аэрозольной и ИРГ групп, образуются в топливе в результате деления ядер тяжелых изотопов (U-235, Pu-239, Pu-240, Pu-241, U-238 и т.д.), вызванного захватом нейтрона или через цепочки β -распадов. Радиоактивные нуклиды, такие как N-16, Ar-41, H-3, K-42, Na-24, C-14 образуются под действием нейтронного облучения растворенных в теплоносителе стабильных примесей и в результате деления тяжелых ядер (U-235, Pu-239, Pu-240, Pu-241, U-238 и т.д.) в топливе с образованием трех и более осколков деления.

Таблица 1.1 - Группы источников активности теплоносителя 1-го контура

№	Источник активности
1	Йоды (I-131, I-132, I-133, I-134, I-135)
2	Аэрозоли (Rb-88, Cs-134, Cs-137, Cs-138, Co-60)
3	ИРГ (Xe-133, Xe-135, Xe-137, Xe-138, Kr-85, Kr-87, Kr-88)
4	N-16
7	I-131
8	I-132
9	I-133
10	I-134
11	I-135

№	Источник активности
12	Cs-134
13	Cs-137
14	Cs-138
15	Rb-88
16	Co-60
17	Xe-133
18	Xe-135
19	Xe-137
20	Xe-138
21	Kr-85
22	Kr-87
23	Kr-88
24	Ar-41
25	H-3
26	Ar-42
27	K-42
28	Na-24
29	C-14

1.2 АКТИВАЦИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НУКЛИДАМИ, ВЫХОДЯЩИМИ ИЗ-ПОД ОБОЛОЧКИ ТВЭЛА

Из-под оболочки ТВЭЛа в теплоноситель попадают нуклиды I-131, I-132, I-133, I-134, I-135, Cs-134, Cs-137, Cs-138, Rb-88, Xe-133, Xe-135, Xe-137, Xe-138, Kr-85, Kr-87, Kr-88.

Изменение концентрации i -го нуклида под оболочкой ТВЭЛа со временем определяется уравнением 1.1.

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -\lambda_{ci}c_i + \gamma_{ci}\Sigma_f\phi - S_i, \quad (1.1)$$

где:

c_i — концентрация i -го нуклида под оболочкой ТВЭЛа;

S_i — выход i -го нуклида из-под оболочки ТВЭЛа;

γ_{ci} — выход i го нуклида в реакции деления под оболочкой ТВЭЛа;

ϕ — поток нейтронов;

λ_{ci} — постоянная распада i -го нуклида.

В уравнении 1.1 скорость изменения концентрации нуклида представлена как сумма скорости распада нуклида, скорости образования нуклида в качестве осколка деления при делении ядерного топлива и скорости увода нуклида через микротрещины в теплоноситель.

Концентрация i -го нуклида в теплоносителе (без учета его очистки) определяется выражением 1.2.

$$S_i^0 = \lambda_{ci} \tilde{c}_i^0 \frac{V_{coolant}}{V_{core}}, \quad (1.2)$$

где:

\tilde{c}_i^0 — равновесная концентрация i -той радиоактивной примеси в теплоносителе первого контура;

S_i^0 — выход, при котором будет установлена концентрация \tilde{c}_i^0 i -той примеси в теплоносителе первого контура. В дальнейшем будем называть выход S_i^0 равновесным выходом.

Выход примесей через оболочку зависит от множества параметров. Для упрощения ограничимся зависимостью выхода от концентрации примеси в ТВЭЛ c_i , давления в теплоносителе первого контура P , числа поврежденных ТВЭЛ $N_{failed_fuel_rods}$. Зависимость выхода примесей от указанных параметров представлена в формуле 1.3 как произведение равновесного выхода примесей S_i^0 и функции $F_i(c_i, P, N_{failed_fuel_rods})$, которая будет учитывать отклонение значения выхода от равновесного в случае изменения одного из параметров-аргументов. Следует отметить, что функция $F_i(c_i, P, N_{failed_fuel_rods})$ в модели определена таким образом, что S_i^0 соответствует равновесному выходу при номинальном режиме работы реакторной установки. То есть в случаях отсутствия разгерметизированных ТВЭЛов ($N_{failed_fuel_rods} = 0$), соответствия текущего значения давления теплоносителя в первом контуре номинальному значению ($P = P_0$) и достижения равновесной концентрации примеси в топливе ($c_i = c_i^0$), функция $F_i(c_i, P, N_{failed_fuel_rods}) = 1$.

$$S_i = S_i^0 F_i(c_i, P, N_{failed_fuel_rods}), \quad (1.3)$$

где:

S_i^0 — равновесное значение выхода i го нуклида из-под оболочки ТВЭЛа;

$F_i(c_i, P, N_{failed_{fuel_{oods}}})$ — функция, учитывающая влияние изменения концентрации i -ой примеси в ТВЭЛ, давления теплоносителя в первом контуре и числа разгерметизированных ТВЭЛ на выход примеси из-под оболочки ТВЭЛ.

Из формулы 1.3 следует, что изменение концентрации радиоактивных нуклидов в теплоносителе первого контура:

$$\frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial t} = -\lambda_{ci} \tilde{c}_i + \lambda_{ci} \tilde{c}_i^0 F_i, \quad (1.4)$$

Представим функцию F_i в виде произведения как показано в формуле 1.5.

$$F_i = Z_i K_i Q_i M_j, \quad (1.5)$$

где:

Z_i — функция, определяющая зависимость выхода примесей от количества поврежденных ТВЭЛ;

K_i — функция, определяющая зависимость выхода примесей от давления в активной зоне реактора;

Q_i — функция, определяющая зависимость от концентрации радиоактивного изотопа в ТВЭЛ;

M_j — функция, учитывающая отклонение плотности теплоносителя в j -том расчетном ноде от средней плотности при номинальной мощности.

Функция Z_i определена как линейная функция, зависящая от количества поврежденных ТВЭЛ 1.6:

$$Z_i = 1 + z_i N_{failed_{fuel_{oods}}}, \quad (1.6)$$

где z_i — коэффициент, характеризующий увеличение концентрации i -го радиоактивного нуклида в случае разгерметизации ТВЭЛ.

Функцию K_i , определяющую зависимость от давления в активной зоне реактора, представлена в виде дробно-рациональной функции 1.7:

$$K_i = \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\alpha_i}, \quad (1.7)$$

где:

P_0 — давление теплоносителя в первом контуре в номинальном состоянии (150 бар);

α_i — степенной показатель, $\alpha_i = 1.5$;

P — текущее давление теплоносителя в первом контуре.

Функцию Q_i , определяющую зависимость от концентрации радиоактивного изотопа, также представлена в виде дробно-рациональной функции 1.8:

$$Q_i = \frac{c_i}{c_i^0}, \quad (1.8)$$

где c_i^0 — равновесная концентрация i -ой примеси в ТВЭЛ, которую можно выразить из выражения 1.1, приравняв $\frac{\partial c_i}{\partial t}$ к нулю.

Функция M_j зависит от текущей плотности теплоносителя в j -том ноде и определена как отношение суммарной массы теплоносителя в активной зоне к массе теплоносителя в расчетном ноде в формуле 1.9.

$$M_j = \frac{\sum_j V_j^n \bar{\rho}}{V_j^n \rho_j}, \quad (1.9)$$

где:

j — индекс расчетного нода (от 1 до $27 \cdot 20$, где 27 — число эквивалентных каналов в активной зоне, а 20 — число высотных слоев);

V_j^n — объем j -того нода;

$\bar{\rho}$ — средняя плотность теплоносителя в активной зоне при номинальной мощности;

ρ_j — текущая плотность теплоносителя в j -том расчетном ноде.

Таким образом из формул 1.4–1.9 концентрация радиоактивной примеси в теплоносителе первого контура описывается выражением 1.10.

$$\frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial t} = -\lambda_{ci} \tilde{c}_i + \lambda_{ci} \tilde{c}_i^0 (1 + z_i N_{failed_{fuel_{rods}}}) \frac{c_i}{c_i^0} \frac{\sum_j V_j^n \bar{\rho}}{V_j^n \rho_j} \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\alpha_i} \quad (1.10)$$

Так как при отсутствии существенных повреждений оболочки ТВЭЛ доля выходящих из-под оболочки продуктов деления на порядки меньше количества продуктов деления в топливе, при расчете концентрации радиоактивных нуклидов в топливе слагаемым, отвечающим за выход нуклидов, можно пренебречь. Следовательно, выражение 1.1 можно упростить до выражения 1.11.

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -\lambda_{ci} c_i + \gamma_{ci} \Sigma_f \phi. \quad (1.11)$$

Проведем временную дискретизацию, согласно 1.12.

$$c_i(t) = \frac{c_i(t - \Delta t) + \gamma_{ci} \Sigma_f \phi \Delta t}{1 + \lambda_{ci} \Delta t}. \quad (1.12)$$

Так как в модели используется внесистемная единица измерения потока ϕ Вт/см², то для перехода к размерности нейтроны/см² производится умножение потока ϕ на коэффициент k , описываемый формулой 1.13:

$$k = \frac{\nu_f}{E_f}, \quad (1.13)$$

где:

ν_f — число вторичных нейтронов;

E_f — энергия, выделяемая в результате 1 акта деления в Дж.

Учитывая коэффициент из формулы 1.13, выражение 1.12 перепишется как:

$$c_i(t) = \frac{c_i(t - \Delta t) + \gamma_{ci} \Sigma_f k \phi \Delta t}{1 + \lambda_{ci} \Delta t}. \quad (1.14)$$

Учитывая допущение, примененные для получения формулы 1.11, выражение для равновесной концентрации в ТВЭЛ будет определяться формулой 1.15:

$$c_i^0(t) = \frac{\gamma_{ci} \Sigma_f k \phi}{\lambda_{ci}}. \quad (1.15)$$

По определению активность i -го нуклида — количество распадов i -го нуклида в единицу времени. Активность теплоносителя по i -ой примеси связана с концентрацией данной примеси через постоянную распада 1.16:

$$A_i = \frac{d\tilde{c}_i}{dt} = \lambda_{ci} \tilde{c}_i. \quad (1.16)$$

После замены произведения концентрации на постоянную распада i -го нуклида, выражение 1.10 преобразуется в выражение 18.

$$\frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial t} = \tilde{A}_i + \tilde{A}_i^0 (1 + z_i N_{failed_fuels}) \frac{c_i}{c_i^0} \frac{\sum_j V_j^n \bar{\rho}}{V_j^n \rho_j} \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\alpha_i}, \quad (1.17)$$

где:

\tilde{A}_i — активность i -ой примеси в теплоносителе первого контура;

\tilde{A}_i^0 — равновесная активность при номинальном состоянии.

Значения равновесных активностей для номинального состояния и другие характеристики радиоактивных нуклидов, образующийся в топливе и использующиеся в модели представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Параметры нуклидов, образующихся в топливе

Нуклид	A_i^0 , Бк/кг	T_i	Z_i	γ_{ci}
I-131	$3.000 \cdot 10^6$	8.0207 сут	6.0	$2.88 \cdot 10^{-2}$
I-132	$2.072 \cdot 10^6$	2.295 ч	1.0	$1.15 \cdot 10^{-2}$
I-133	$6.290 \cdot 10^5$	20.8 ч	1.0	$6.70 \cdot 10^{-2}$
I-134	$3.700 \cdot 10^6$	52.5 мин	1.0	$3.93 \cdot 10^{-2}$
I-135	$1.590 \cdot 10^6$	6.57 ч	1.0	$6.28 \cdot 10^{-2}$
Cs-134	$7.770 \cdot 10^2$	2.0652 г	1.0	$7.71 \cdot 10^{-8}$
Cs-137	$1.600 \cdot 10^4$	30.1671 г	1.0	$6.23 \cdot 10^{-2}$
Cs-138	$4.100 \cdot 10^5$	33.41 мин	0.2	Продукт распада Xe-138
Rb-88	$4.100 \cdot 10^5$	17.773 мин	4.0	Продукт распада Kr-88
Co-60	$1.066 \cdot 10^3$	5.2713 г	1.0	—
Xe-133	$2.500 \cdot 10^5$	5.2475 сут	19.0	$6.70 \cdot 10^{-2}$
Xe-135	$2.738 \cdot 10^6$	9.14 ч	1.0	$2.68 \cdot 10^{-3}$
Xe-137	$1.406 \cdot 10^6$	3.818 мин	1.0	$7.74 \cdot 10^{-2}$
Xe-138	$1.600 \cdot 10^5$	14.08 мин	3.0	$1.20 \cdot 10^{-2}$
Kr-85	$2.500 \cdot 10^5$	10.776 г	1.0	$1.30 \cdot 10^{-2}$
Kr-87	$7.030 \cdot 10^5$	76.3 мин	1.0	$3.64 \cdot 10^{-2}$
Kr-88	$1.600 \cdot 10^5$	2.84 ч	4.0	$3.64 \cdot 10^{-2}$
H-3	$3.700 \cdot 10^7$	12.32 г	1.0	$1.70 \cdot 10^{-9}$

1.3 ОБРАЗОВАНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ НУКЛИДОВ В ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОБЛУЧЕНИЯ

При отсутствии повреждений ТВЭЛ активация теплоносителя происходит благодаря облучению естественных примесей, растворенных в теплоносителе и продуктов коррозии. При моделировании процесса активации теп-

лоносителя учитывается образование N-16, Ar-41, H-3, K-42, Na-24, C-14 в самом теплоносителе под действием облучения.

Концентрация естественных примесей рассчитывается через долю данных примесей в теплоносителе, согласно формуле 1.18. Для упрощения расчетов при дальнейшем моделировании активации естественных примесей сделано предположение, что концентрация естественных примесей остается постоянной с течением времени. Данное предположение обусловлено тем, что естественные примеси являются стабильными и под действием нейтронного облучения лишь небольшая часть данных примесей претерпевают ядерные превращения.

$$\tilde{c}_i = \rho_i \frac{N_a}{M_{H_2O}}, \quad (1.18)$$

где:

\tilde{c}_i — массовая концентрация i-го нуклида (ядер/кг теплоносителя);

N_a — число Авогадро;

M_{H_2O} — молярная масса воды (кг/моль).

Скорость изменения концентрации i-го нуклида в теплоносителе рассчитывается по формуле 1.19:

$$\frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial t} = -\lambda_i \tilde{c}_i + \sigma_i^{(1),j} \tilde{c}_i \phi, \quad (1.19)$$

где:

$\sigma_i^{(1),j}$ — сечение j-го типа реакции на ядре i-го нуклида;

ϕ — поток нейтронов.

Так как поток в модели имеет размерность Вт/см², то для перевода в размерность нейт./см² используется коэффициент k из формулы 1.13. Для получения потока быстрой или тепловой групп нейтронов используется асимптотическая жесткость спектра, как показано в формулах 1.20.

$$\phi^{(1)} = \phi \frac{1}{1 + \zeta}, \phi^{(2)} = \phi \frac{\zeta}{1 + \zeta}, \quad (1.20)$$

где:

$\phi^{(1)}$ — поток нейтронов быстрой группы;

$\phi^{(2)}$ — поток нейтронов тепловой группы;

ζ — асимптотическая жесткость спектра.

Учитывая формулы 1.20, коэффициент k из формулы 1.13 и определение активности из формулы 1.16, уравнение 1.19 для определения скорости изменения концентрации i -го нуклида можно преобразовать в уравнение 1.21:

$$\frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial t} = -\tilde{A}_i + \sigma_i^{(1),j} \tilde{c}_i k \phi \frac{1}{1+\zeta} + \sigma_i^{(2),j} \tilde{c}_i k \phi \frac{\zeta}{1+\zeta}, \quad (1.21)$$

где:

\tilde{A}_i — активность i -го нуклида в теплоносителе;

$\sigma_i^{(1),j}$ — сечение j -го типа реакции на ядре i -го изотопа для быстрой энергетической группы нейтронов;

$\sigma_i^{(2),j}$ — сечение j -го типа реакции на ядре i -го изотопа для тепловой энергетической группы нейтронов.

1.3.1 Азот 16

N-16 образуется в результате (n,p) реакции при попадании высокоэнергетического нейтрона в ядро O-16. (n,p) реакция на O-16 является пороговой и проходит для нейтронов с энергией больше 10.2 МэВ. Таким образом сечение в тепловой области для данной реакции равно нулю. Двугрупповые сечения реакции (n, p) на ядре O-16 были посчитаны при помощи программы UNK.

Зависимость сечения реакции (n,p) от энергии нейтрона приведена на рисунке 1.1. Для отображения зависимости сечения от энергии используется логарифмический масштаб осей.

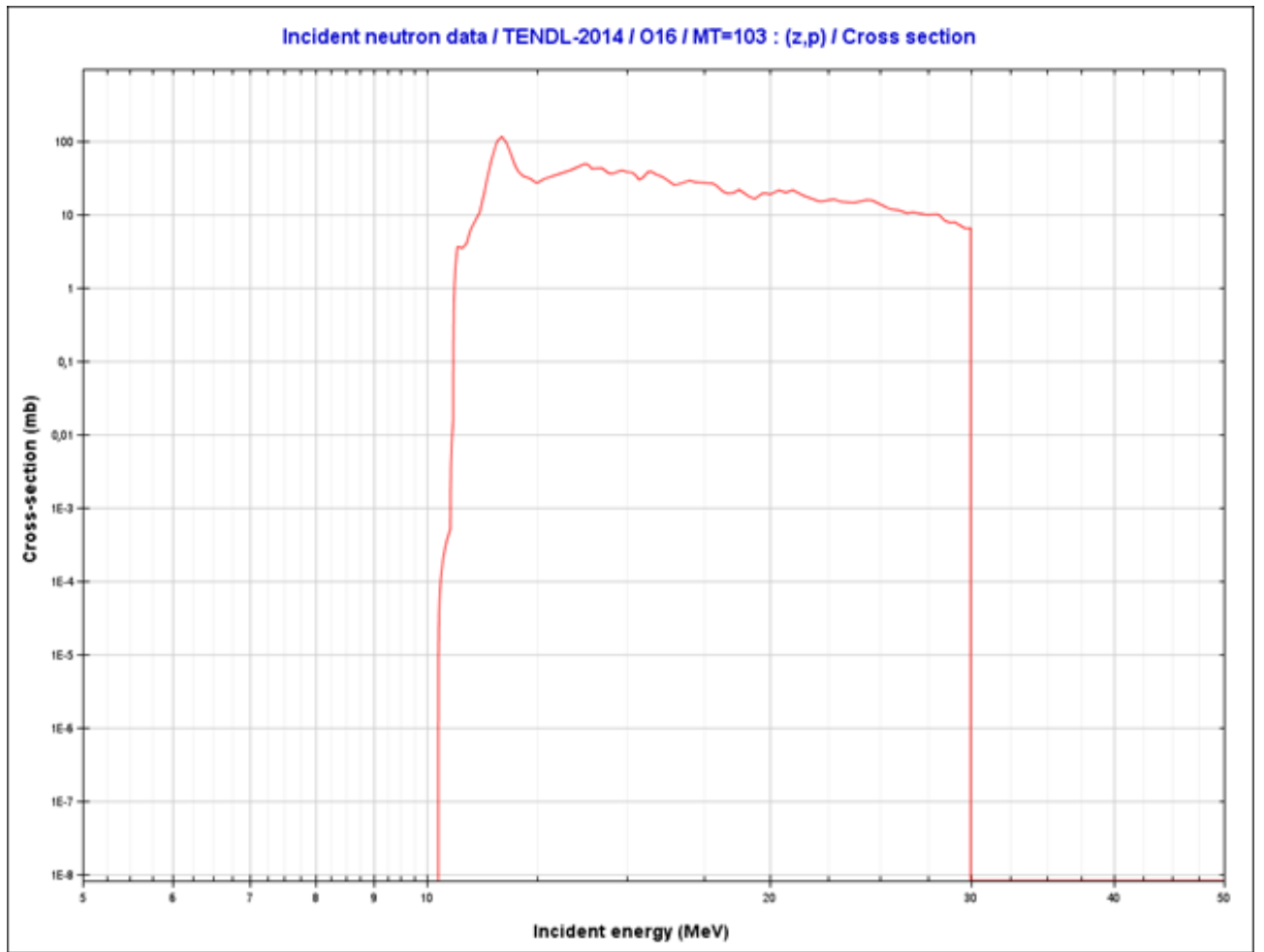


Рисунок 1.1 - Зависимость сечения реакции (n,p) от энергии

O-16 является стабильным изотопом кислорода, входящим в состав молекулы воды, следовательно доля данного изотопа в теплоносителе равна единице.

Скорость изменения концентрации N-16 в теплоносителе, учитывая формулу 1.21 и пороговых характер (n, p) реакции рассчитывается по формуле 1.22.

$$\frac{\partial \tilde{c}_{N16}}{\partial t} = -\tilde{A}_{N16} + \sigma_{O16}^{(1),(n,p)} \tilde{c}_{O16} k \phi \frac{1}{1 + \zeta}, \quad (1.22)$$

где $\sigma_{O16}^{(1),(n,p)}$ — сечение реакции (n,p) на ядре O-16 для быстрой группы нейтронов ($1.029 \cdot 10^{-29}$ барн).

Особенностью N-16 является малый период полураспада, который составляет 7.13 секунды. Следовательно, при останове реакторе через короткое время после останова $3-4T_{\frac{1}{2}}$ (около 30 секунд), активность N-16 уменьшится на порядок.

1.3.2 Аргон 41

В теплоносителе в качестве естественной примеси содержится растворенный изотоп аргона Ar-40. Доля данного изотопа составляет $7.0 \cdot 10^{-6}\%$ в кубическом метре пресной воды. При (n, γ) реакции Ar-40 переходит в Ar-41.

Двугрупповые сечения гамма-захвата на ядре Ar-40 для быстрой и тепловой групп нейтронов были получены при помощи программы UNK:

$$- \sigma_{Ar40}^{(1),(n,\gamma)} = 5.22 \cdot 10^{-27} \text{ б};$$

$$- \sigma_{Ar40}^{(2),(n,\gamma)} = 2.93 \cdot 10^{-25} \text{ б};$$

Зависимость сечения (n, γ) реакции от энергии для Ar-40 представлена на рисунке 1.2. На рисунке 1.2 используется логарифмический масштаб осей.

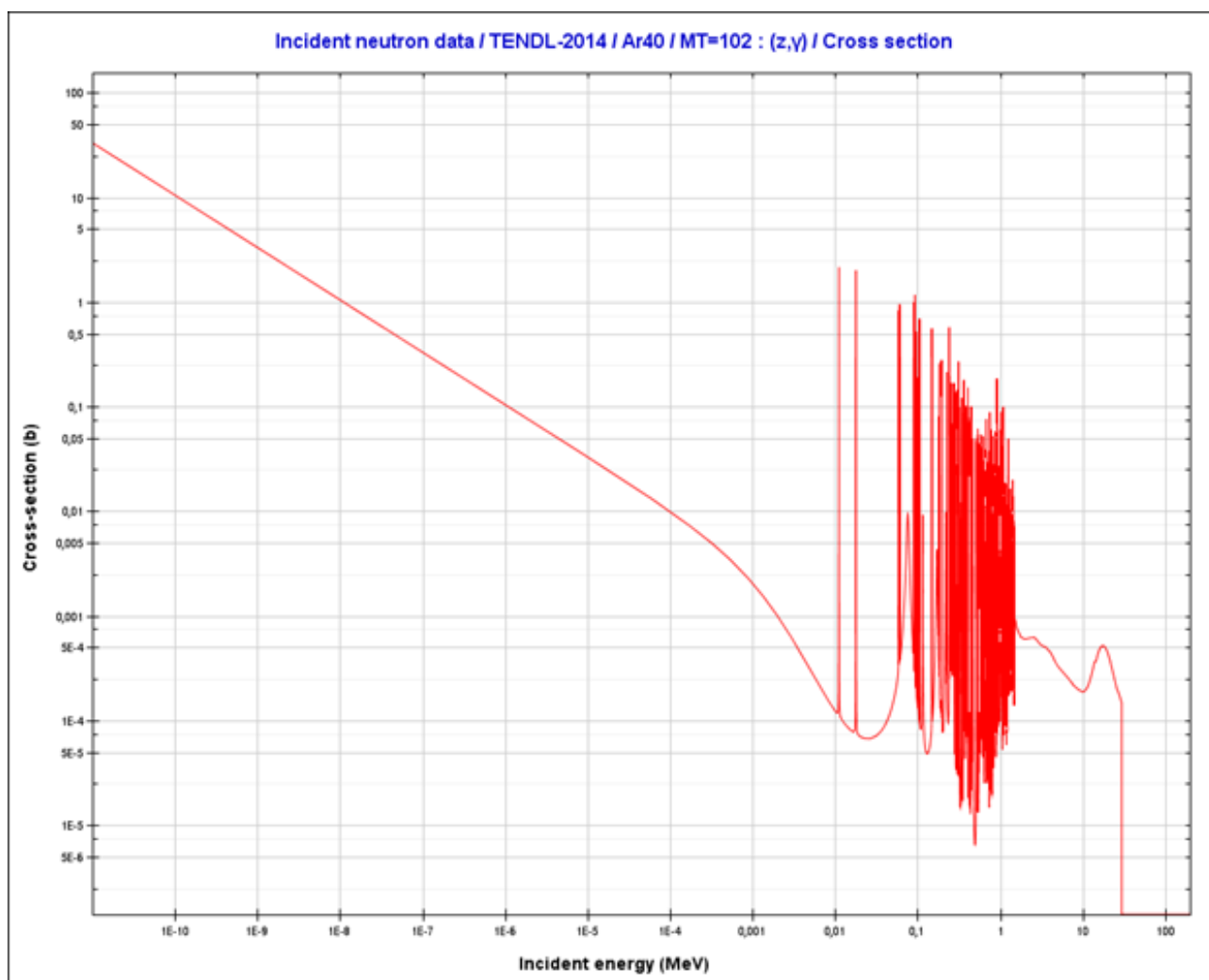


Рисунок 1.2 - Зависимость сечения (n, γ) реакции Ar-40 от энергии

1.3.3 Калий 42

В качестве естественной примеси в теплоносителе содержатся соли калия, концентрация которых, согласно ГОСТ (6709-72) на дистиллированную воду, равна $2 \cdot 10^{-4}$ кг/м³. Существует два стабильных изотопа калия: K-39

и К-41. Доля изотопа К-41 составляет 6.730% в смеси стабильных изотопов К-39 и К-41. Таким образом концентрация К-41 равна $1.346 \cdot 10^{-5}$ кг/м³. Считая плотность воды при нормальных условиях равной 998.2 кг/м³ доля К-41 равна $p_{K41} = \frac{\rho_{K41}}{\rho_{H2O}} = 1.4 \cdot 10^{-6}\%$.

Для расчета сечения в тепловой области энергий изотопа К-41 используется закон $\frac{1}{V}$, то есть сечение в тепловой области энергии изменяется обратно пропорционально скорости налетающего нейтрона. Расчет сечения $\sigma_{K41}^{(2),(n,\gamma)}$ производился по формуле 1.23.

$$\sigma_{K41}^{(2),(n,\gamma)} = \sigma_{K41}^0 \frac{V_{th}^0}{V_{th}} = \sigma_{K41}^0 \frac{1}{V_{th}} \sqrt{\frac{2E_{th}^0 k}{m_n}}, \quad (1.23)$$

где:

- σ_{K41}^0 — сечение (n, γ) реакции при энергии E_{th}^0 ($4.986 \cdot 10^{-25}$ барн);
- V_{th} — текущая скорость тепловых нейтронов;
- m_n — масса нейтрона ($1.675 \cdot 10^{-27}$ кг);
- V_{th}^0 — средняя скорость тепловых нейтронов;
- E_{th}^0 — средняя энергия тепловых нейтронов (0.0253 эВ);
- k — коэффициент перевода эВ в Дж ($1.60218 \cdot 10^{-19}$).

Сечение в быстрой области для К-41 было оценено через усреднение по спектру Ферми (формула 1.24). Выбор спектра Ферми объясняется малым сечением поглощения нейтронов теплоносителем по сравнению с сечением рассеяния и малой концентрацией поглотителя К-41 в теплоносителе. Зависимости сечения от энергии взята из библиотеки TENDL-2014. Данная зависимость приведена на рисунке 1.3 в логарифмическом масштабе.

$$\sigma_{K41}^{(1),(n,\gamma)} = \frac{\int_0^{E_{th}} \sigma_{K41}^{(n,\gamma)}(E) \phi^F(E) dE}{\int_0^{E_{th}} \phi^F(E) dE}, \quad \phi^F(E) = \frac{1}{\zeta \rho_{H2O} \sigma_{H2O}^S E}, \quad (1.24)$$

где:

- ϕ^F — спектр Ферми;
- E_{th} — граница тепловой области (2 эВ);
- ζ — средняя логарифмическая потеря энергии (0.926);
- ρ_{H2O} — плотность воды (720 кг/м³);
- σ_{H2O}^S — сечение рассеяния воды ($21 \cdot 10^{-24}$ барн).

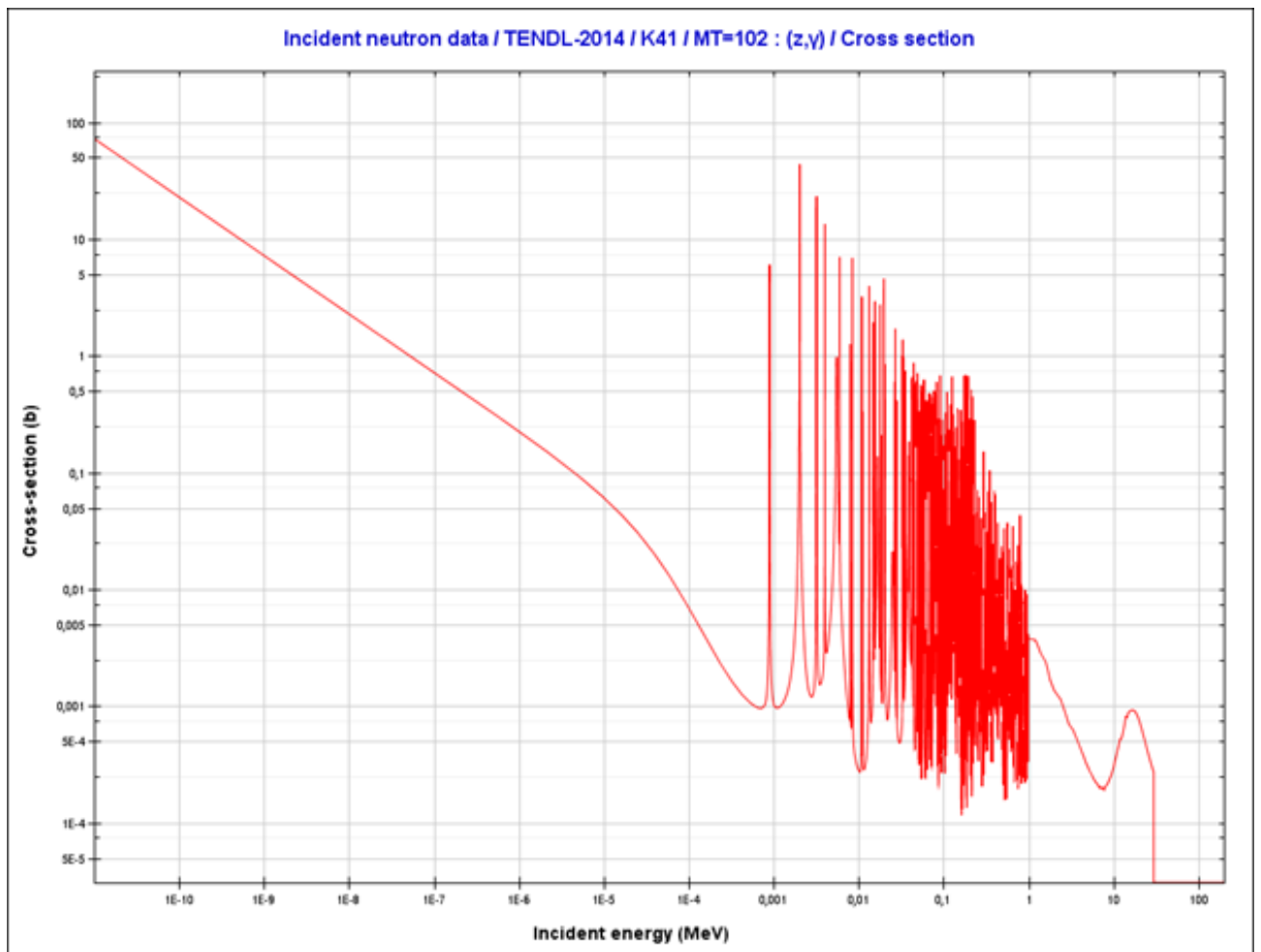


Рисунок 1.3 - зависимость сечений реакции гамма-захвата от энергии для изотопа К-41

1.3.4 Тритий

Образование трития в реакторе происходит как внутри ТВЭЛ в результате тройного деления, так и в теплоносителе в результате реакции гамма-захвата (n, γ) на ядре дейтерия. Расчет доли трития, выходящей из-под оболочки ТВЭЛ, аналогичен расчету других радиоактивных нуклидов, выходящих из-под оболочки. Единственным различием является существенно малая доля выхода трития в результате реакции деления, что обусловлено малой вероятностью протекания реакции деления с образованием трех осколков.

Доля дейтерия в теплоносителе составляет $2.3 \cdot 10^{-20}\%$ в кубическом метре.

Двугрупповые сечение гамма-захвата дейтерия получены по программе UNK и равны: $\sigma_{H2}^{(1),(n,\gamma)} = 2.467 \cdot 10^{-28}$, $\sigma_{H2}^{(1),(n,\gamma)} = 3.549 \cdot 10^{-30}$.

Зависимость сечений от энергии для дейтерия приведены на рисунке 1.4.

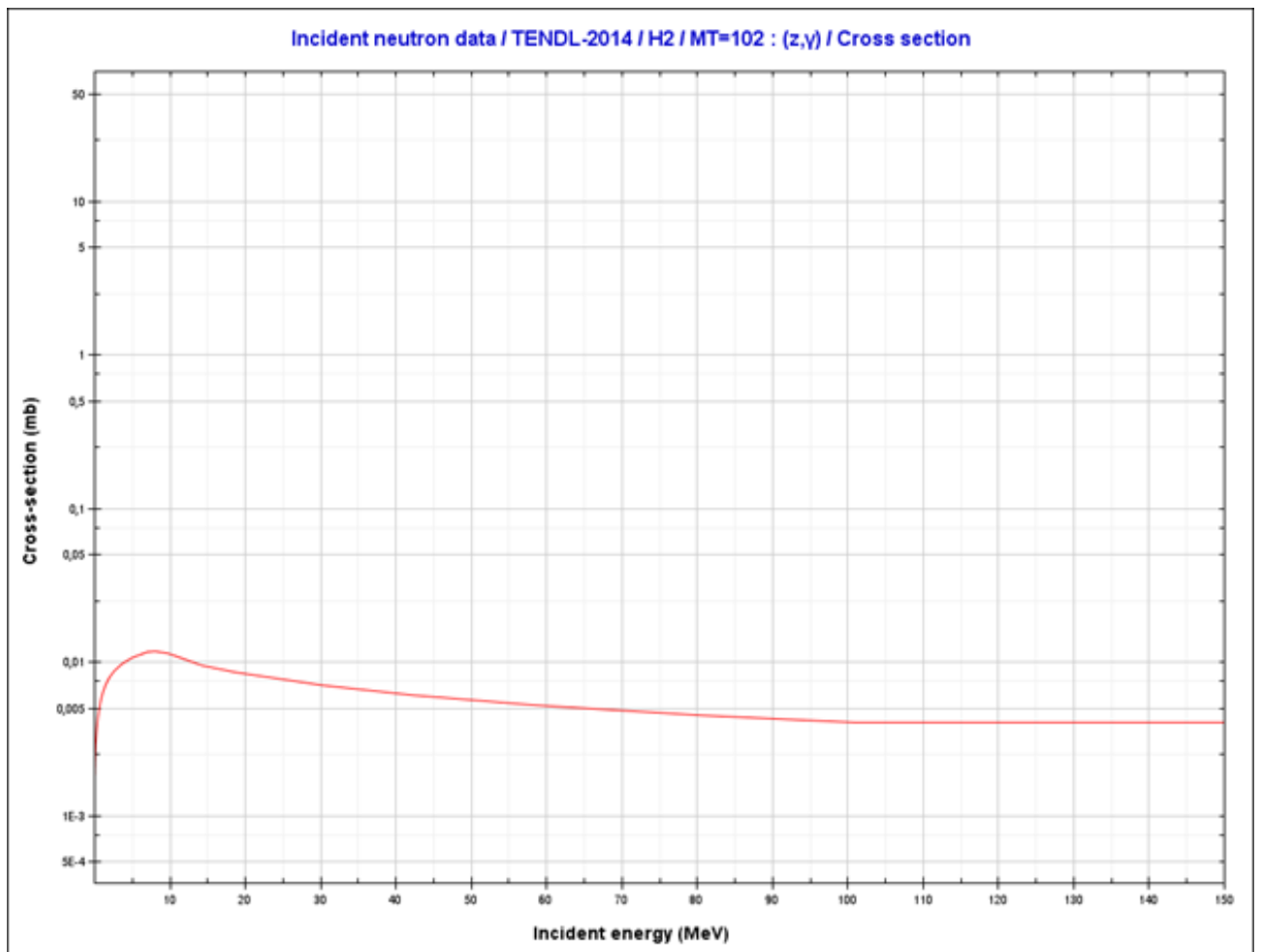


Рисунок 1.4 - Зависимость сечения реакции гамма-захвата от энергии для дейтерия

1.3.5 Натрий 24

Наряду с калием, в теплоносителе первого контура содержатся соли Na-23. По требованиям ГОСТ (6709-72) на дистиллированную воду, концентрация солей Na-23 не должна превышать $5.0 \cdot 10^{-4}$ кг/м³. Считая плотность воды при нормальных условиях равной 998.2 кг/м³ доля Na-23 равна

$$p_{Na23} = \frac{\rho_{Na23}}{\rho_{H2O}} = 5.01 \cdot 10^{-5}\%.$$

Двугрупповые сечения для Na-23 получены при помощи программы UNK и равны $\sigma_{Na23}^{(1),(n,\gamma)} = 8.060 \cdot 10^{-27}$ б, $\sigma_{Na23}^{(2),(n,\gamma)} = 2.339 \cdot 10^{-25}$ б. Зависимость сечения гамма-захвата для Na-23 от энергии приведена на рисунке 1.5.

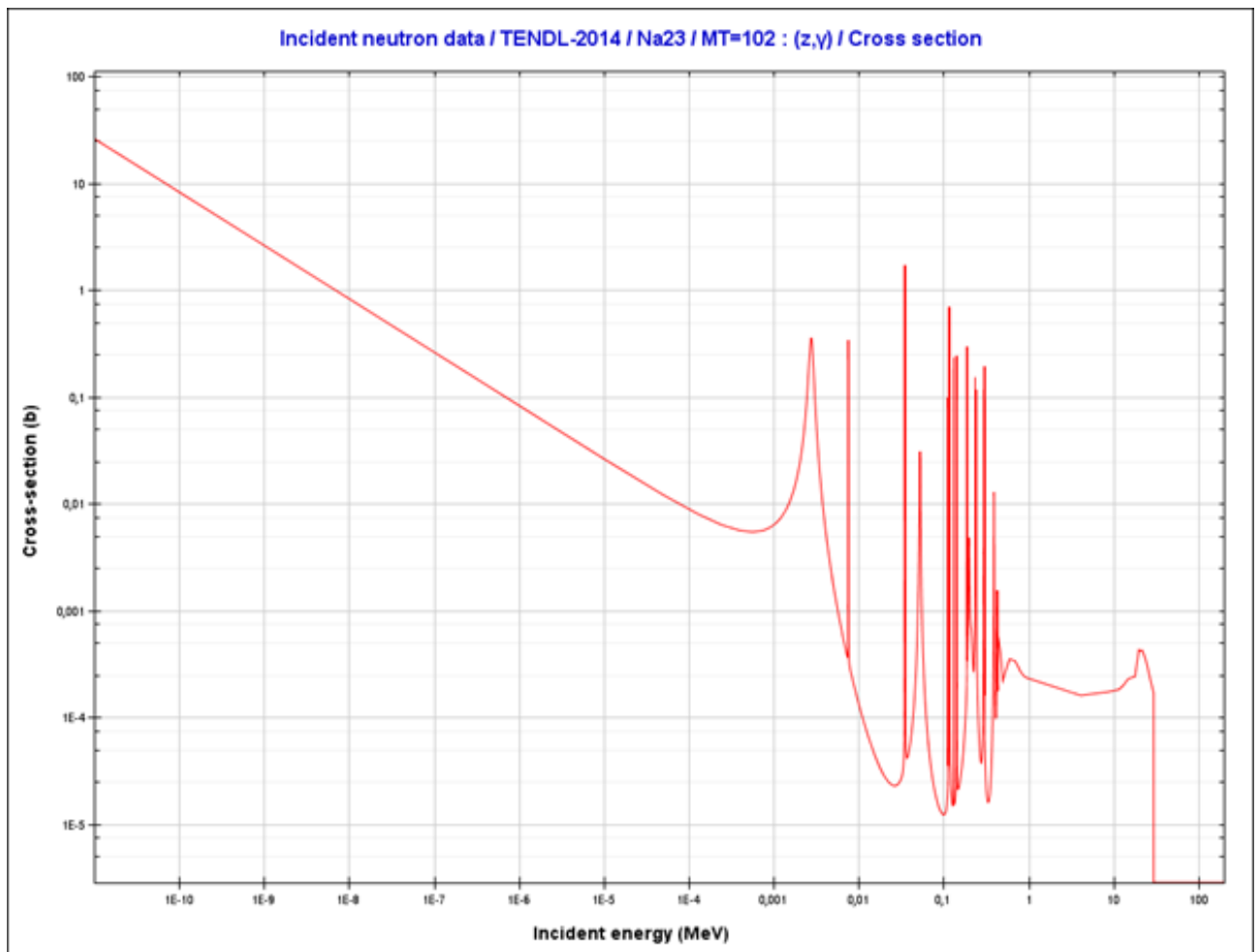


Рисунок 1.5 - Зависимость сечения гамма-захвата от энергии для Na-23

1.3.6 Углерод 14

Одним из долгоживущих радиоактивных нуклидов с периодом полураспада 5700 лет является изотоп С-14. В модели рассматривается три канала образования данного изотопа:

— Появление изотопа С-14 в результате гамма-захвата на ядре стабильного изотопа С-13, который содержится в виде естественных карбидных солей в теплоносителе первого контура. Концентрация карбидных солей по требованиям ГОСТ (6709-72) на дистиллированную воду составляет $5.0 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. Доля С-13 в смеси стабильных изотопов С-12 и С-13 составляет 1.07%. Таким образом концентрация С-13 в теплоносителе составляет $5.0 \cdot 10^{-5}$ кг/м³,

а доля данного изотопа в теплоносителе $p_{C13} = \frac{\rho_{C14}}{\rho_{H2O}} = 5.01 \cdot 10^{-6}\%$.

— Появление С-14 в результате (n,p) реакции на ядре N-14. По требованиям ГОСТ (6709-72) на дистиллированную воду, концентрация аммониевых

солей и нитратов в сумме равняется $2.0 \cdot 10^{-5}$ кг/м³. Следовательно, доля изотопа N-14 в теплоносителе составит $p_{N14} = \frac{\rho_{N14}}{\rho_{H2O}} = 2.004 \cdot 10^{-6}\%$;

— Появление C-14 в результате (n,α) реакции на ядре O-17. Доля изотопа O-17 составляет 0.037% в смеси стабильных изотопов O-16, O-17, O-18 теплоносителя.

Двугрупповые сечения реакции гамма-захвата для изотопа C-13 и сечения (n,p) реакции для N-14 были посчитаны по программе UNK:

$$\begin{aligned} & - \sigma_{C13}^{(1),(n,\gamma)} = 4.472 \cdot 10^{-28} \text{ б}, \sigma_{13}^{(2),(n,\gamma)} = 1,497 \cdot 10^{-27} \text{ б}; \\ & - \sigma_{N14}^{(1),(n,p)} = 1.974 \cdot 10^{-26} \text{ б}, \sigma_{N14}^{(2),(n,p)} = 2.337 \cdot 10^{-25} \text{ б}. \end{aligned}$$

Двугрупповые сечения реакции (n,α) для O-17 были оценены аналогично сечениям K-41, согласно формулам 1.23, 1.24. Для тепловой области зависимость сечения (n,α) реакции описывается законом $\frac{1}{V}$, а для быстрой области сечение было оценено через усреднение по спектру Ферми. Значения для двугрупповых сечений (n,α) реакции изотопа O-17 приведены в формуле 1.25

$$\sigma_{O17}^{(2),(n,\alpha)} = \sigma_{O17}^0 \frac{V_{th}^0}{V_{th}} = \sigma_{O17}^0 \frac{1}{V_{th}} \sqrt{\frac{2E_{th}^0 k}{m_n}}, \quad (1.25)$$

$$\sigma_{O17}^{(1),(n,\alpha)} = \frac{\int_0^{E_{th}} \sigma_{O17}^{(n,\alpha)}(E) \phi^F(E) dE}{\int_0^{E_{th}} \phi^F(E) dE}, \quad (1.26)$$

$$\phi^F = \frac{1}{\zeta \rho_{H2O} \sigma_{H2O}^S E}. \quad (1.27)$$

Зависимость сечений от энергии для изотопов C-13, N-14 и O-17 приведены на рисунках 1.6 – 1.8.

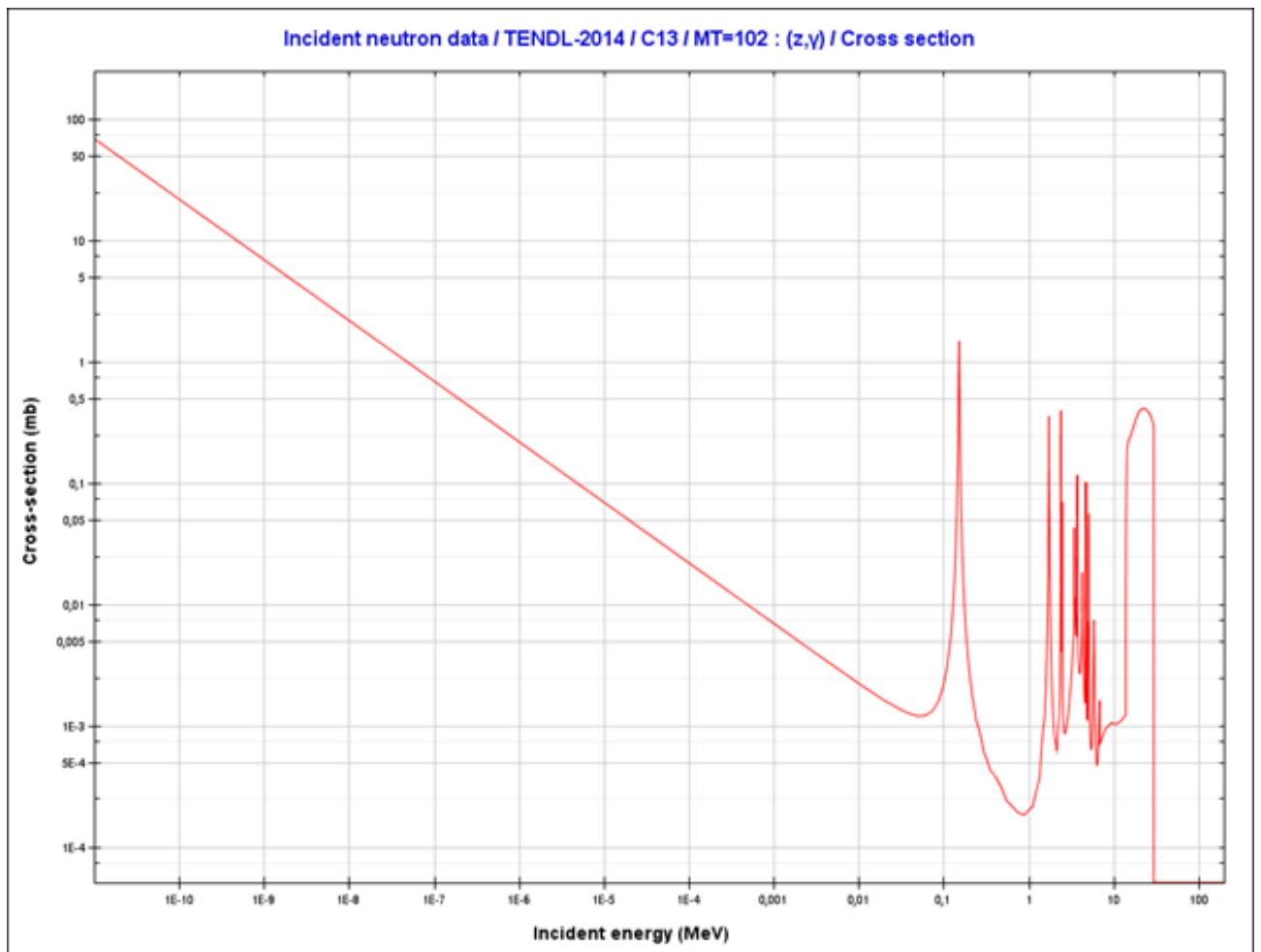


Рисунок 1.6 - Зависимость сечения гама-захвата от энергии для изотопа C-13

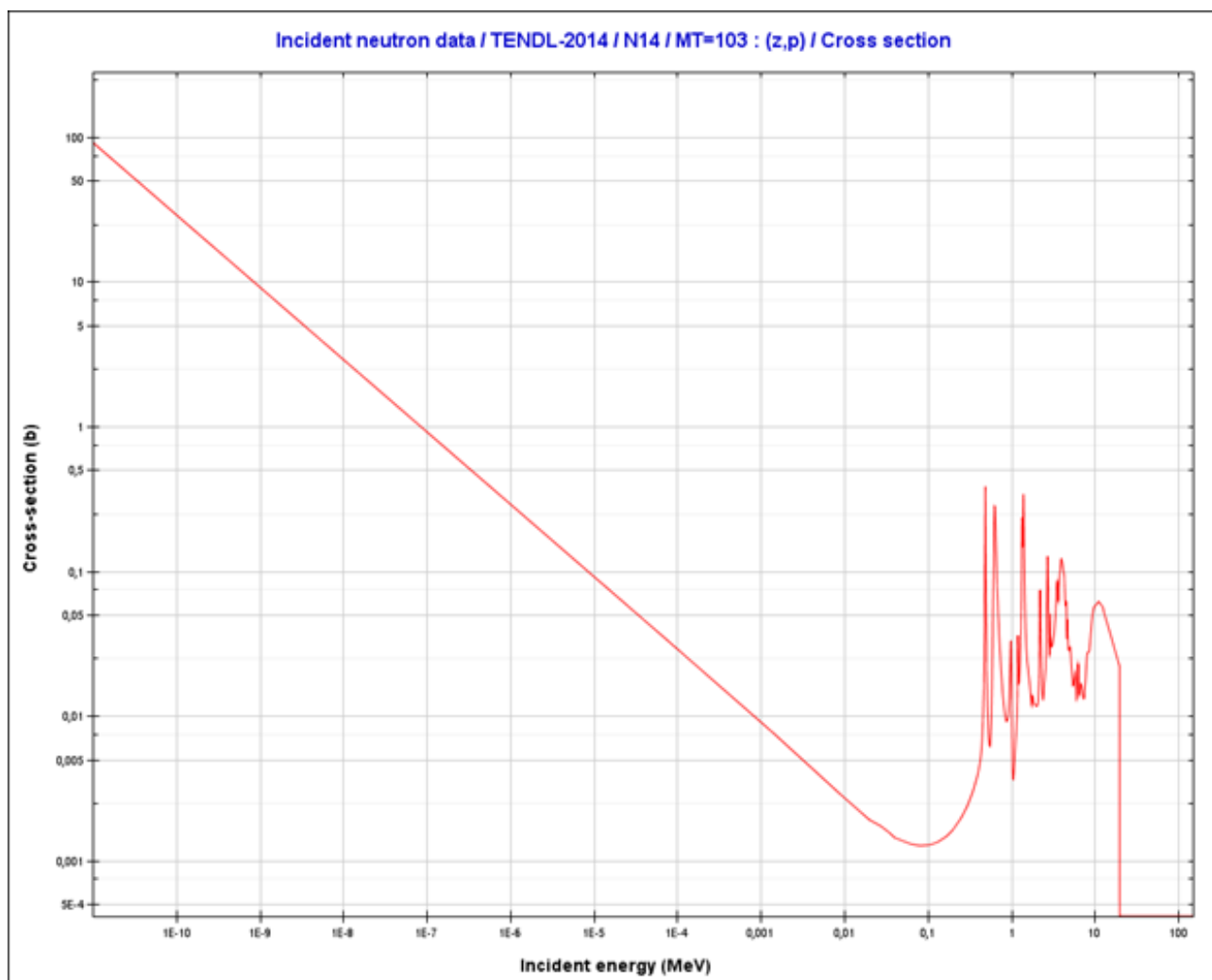


Рисунок 1.7 - Зависимость сечения (n,p) реакции от энергии для изотопа N-14

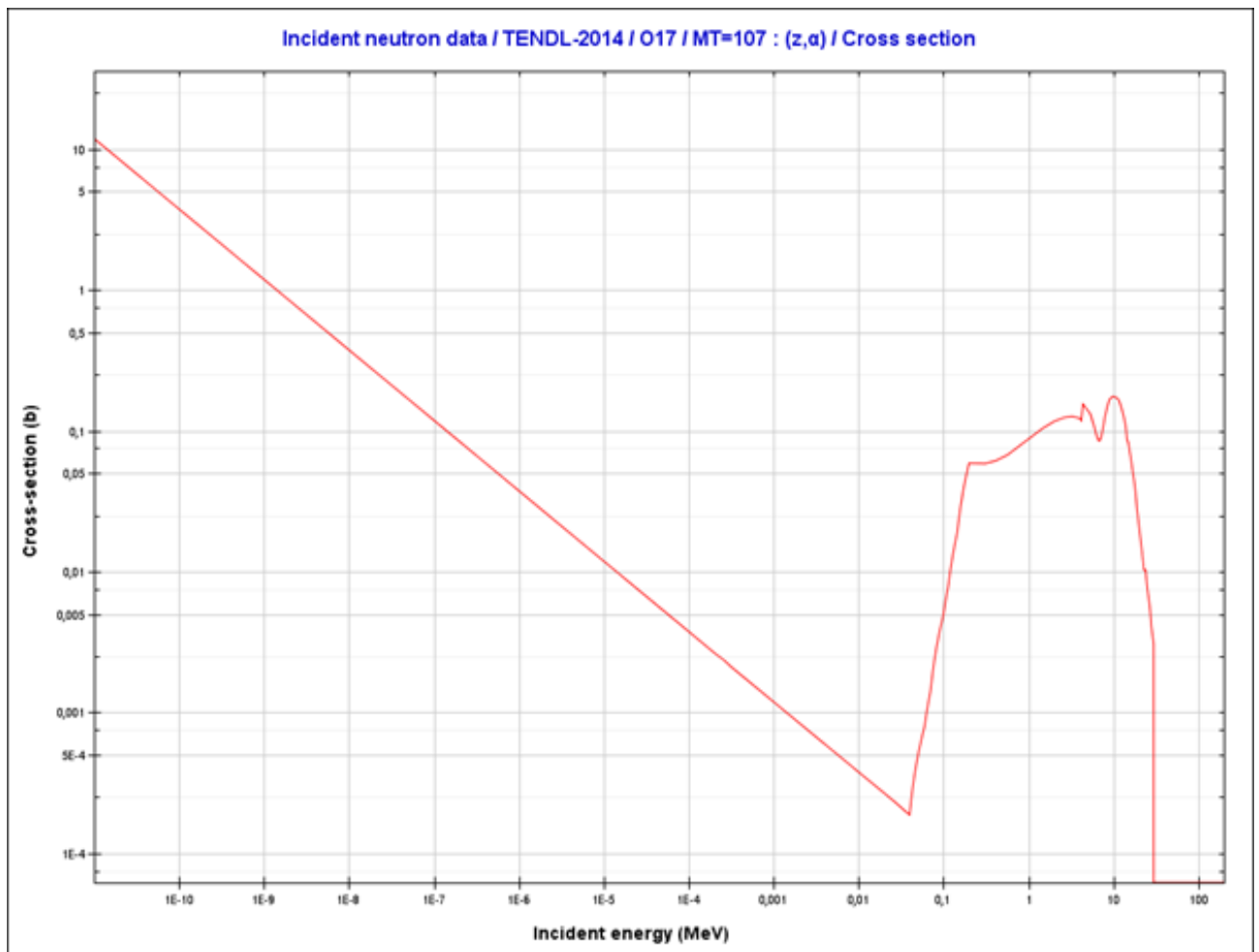


Рисунок 1.8 - Зависимость сечения (n,α) реакции от энергии для изотопа O-17

1.3.7 Основные параметры радиоактивных нуклидов, образующихся в теплоносителе

Основные параметры радиоактивных нуклидов, образование которых происходит в теплоносителе представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Параметры нуклидов, образующихся в теплоносителе

Нуклид	$T_{\frac{1}{2}}$	Родитель	Тип реакции	$\sigma_i^{(2),j}$, б	$\sigma_i^{(1),j}$, б	Доля нуклида родителя в теплоносителе
N-16	7.13 с	O-16	(n, p)	0.0	$1.0 \cdot 10^{-29}$	100
Ar-41	109.61 мин	Ar-40	(n, γ)	$2.9 \cdot 10^{-25}$	$5.2 \cdot 10^{-27}$	$7 \cdot 10^{-6}$

Нуклид	$T_{\frac{1}{2}}$	Роди- тель	Тип ре- акции	$\sigma_i^{(2),j}, \text{ б}$	$\sigma_i^{(1),j}, \text{ б}$	Доля нуклида родителя в теплоносителе, %
К-42	12.36 ч	К-41	(n, γ)	$\frac{1}{v},$ $\sigma_{K41}^0 =$ $5.0 \cdot 10^{-25}$	$3.3 \cdot 10^{-26}$	$1.4 \cdot 10^{-6}$
Н-3	12.32 г	Н-2	(n, γ)	$2.5 \cdot 10^{-28}$	$3.6 \cdot 10^{-30}$	$2.3 \cdot 10^{-2}$
Na-24	14.96 ч	Na-23	(n, γ)	$2.3 \cdot 10^{-25}$	$8.1 \cdot 10^{-27}$	$5.0 \cdot 10^{-5}$
С-14	5700 г	С-13	(n, γ)	$2.3 \cdot 10^{-25}$	$1.5 \cdot 10^{-27}$	$5.0 \cdot 10^{-6}$
		О-17	(n, α)	$\frac{1}{v},$ $\sigma_{O17}^0 =$ $2.4 \cdot 10^{-25}$	$2.9 \cdot 10^{-26}$	$3.7 \cdot 10^{-2}$
		N-14	(n, p)	$2.3 \cdot 10^{-25}$	$2.0 \cdot 10^{-26}$	$2.0 \cdot 10^{-6}$

2 САПР ТЕПЛОГИДРАВЛИКИ

В теплогидравлическом САПРе КАРРУ 6 энергоблока Нововоронежской АЭС модерируется перенос массовой активности (Бк/кг теплоносителя). Распад, перенос и накопление элементов модерируется в элементах теплогидравлического САПРа. Для каждого узла проекта (набора схем САПР, входящих в его состав) имеются настройки постоянной распада нуклида, максимальное и минимальное значения активности в элементах, а также тип среды, которой осуществляется перенос активности (водой, паром, водой и паром).

Также в узлах теплогидравлического САПР имеются флаги обнуления активности и принудительного задания значения активности в каждом узле/баке схем, входящих в узел проекта:

System_WSTAA(1:N) — массив с значением массовой активности, которую принудительно можно установить в каждом теплогидравлическом элементе, проводящем расчет переноса активности. System — имя теплогидравлической системы (узла проекта) с соответствующим набором схем САПРа теплогидравлики (массив один для набора схем САПР теплогидравлики, входящих в узел проекта, и, соответственно, для всех элементов из данных схем. N — количество типов переносимых радиоактивных веществ. Тип переменной — double C++ или real*8 Fortran.

System_WSTFLAA(1:N) — массив флагов принудительной установки заданного в массиве System_WSTAA значения, для рассматриваемого узла проекта (теплогидравлической системы). Тип переменной — int C++ или integer*4 Fortran. Принудительная установка значения активности для i-го элемента будет происходить в случае, если значение System_WSTFLAA[i] отлично от 0. Данное свойство является обязательным для настройки системы.

Каждый нуклид имеет свой собственный индекс. Индексы в теплогидравлическом САПРе, модели АСРК, а также в модели активной зоны согласованы:

- 1 — Йоды (I-131, I-132, I-133, I-134, I-135);
- 2 — Аэрозоли (Rb-88, Cs-134, Cs-137, Cs-138, Co-60);
- 3 — ИРГ (Xe-133, Xe-135, Xe-137, Xe-138, Kr-85, Kr-87, Kr-88);
- 4 — N-16;
- 5 — I-131;
- 6 — I-132;

- 7 — I-133;
- 8 — I-134;
- 9 — I-135;
- 10 — Cs-134;
- 11 — Cs-137;
- 12 — Cs-138;
- 13 — Rb-88;
- 14 — Co-60;
- 15 — Xe-133;
- 16 — Xe-135;
- 17 — Xe-137;
- 18 — Xe-138;
- 19 — Kr-85;
- 21 — Kr-87;
- 22 — Kr-88;
- 23 — Ar-41;
- 24 — H-3;
- 25 — Ar-42;
- 26 — K-42;
- 27 — Na-24;
- 28 — C-14.

Из описанных моделей датчиков активности САПР теплогидравлики 6 энергоблока Нововоронежской АЭС имеет только элемент, моделирующий датчик объемной или массовой активности. Изображение данного датчика представлено на рисунке 2.1. В качестве имен датчиков используются KKS.

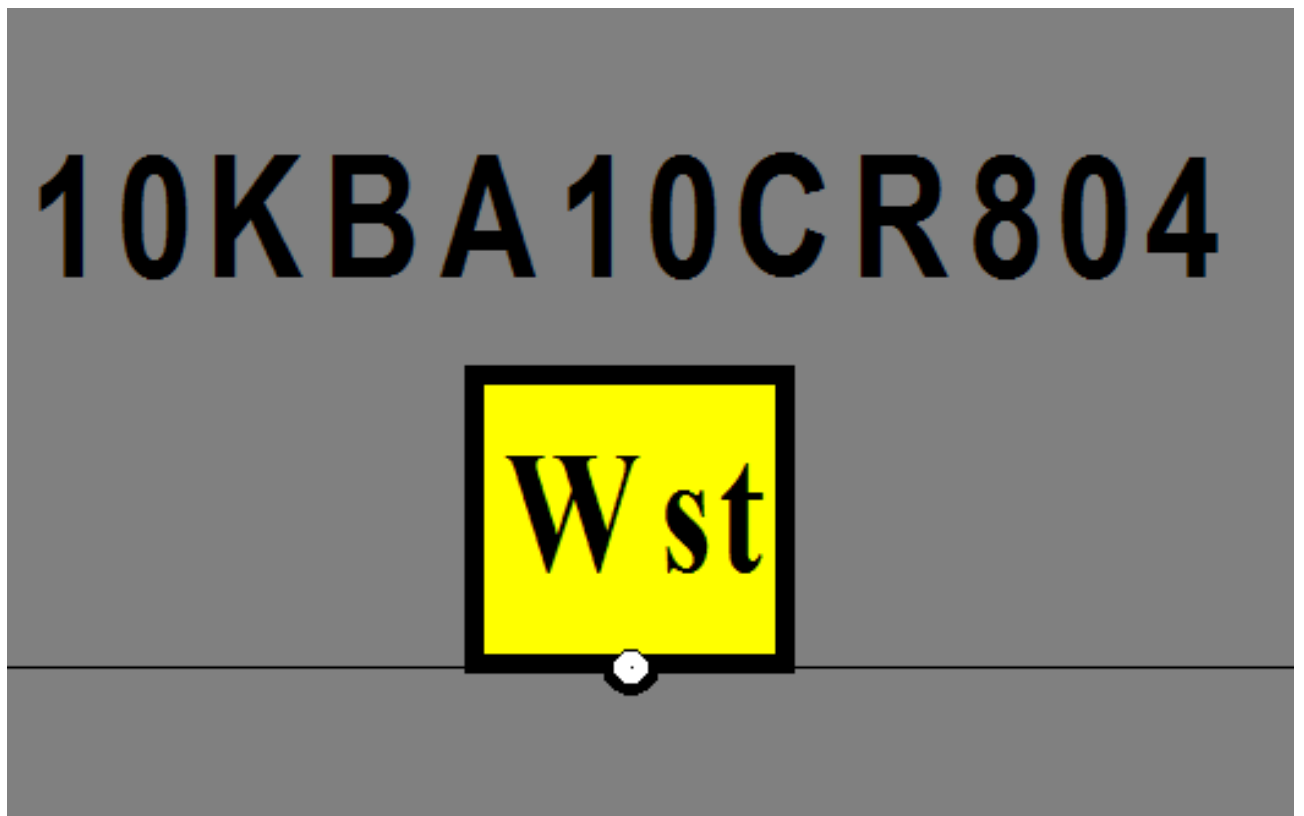


Рисунок 2.1 - Изображение элемента «Датчик объемной/массовой активности» в САПрe теплогидравлики

3 МОДЕЛЬ АСРК

Модель АСРК реализована на языке программирования C++.

В КАРРУ 6 энергоблока Нововоронежской АЭС моделируются следующие типы датчиков:

- датчик объемной активности (ОА);
- датчик активности (А);
- датчик мощности поглощенной дозы (МПД);
- датчик мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД).

3.1 ОБЩАЯ МОДЕЛЬ ДАТЧИКА

Любой из указанных выше датчиков работает по следующей схеме:

- а) получение значения объемной или массовой активности из САПР теплогидравлики;
- б) преобразование Бк/м³ или Бк/кг в необходимые единицы измерения;
- в) использование апериодического фильтра;
- г) использование иных фильтров, если таковые необходимы;
- д) корректировка показаний датчиков настроечными коэффициентами;
- е) сравнение итогового показания с уставками, если таковые имеются;
- ж) формирование бинарного сигнала о превышении уставок, если таковые имеются.

На каждом из этапов используются переменные с характерным суффиксом. Если KKS датчика – Sensor и он расположен рядом с элементом теплогидравлического САПРа «узел» или «бак» с именем Node, то:

Node_WASTE(1:N) — имя массива с значениями массовой активности (Бк/кг теплоносителя) в теплогидравлическом узле или баке. N – количество переносимых радиоактивных нуклидов. Тип переменной – double C++ или real*8 Fortran. Массив значений рассчитывается для каждого теплогидравлического узла или бака модели. Массив является выходным для САПРа теплогидравлики и входным для модели АСРК.

Sensor_WSV или Sensor_WSM — имя переменной с значением объемной или массовой активности из элемента теплогидравлического САПРа "Датчик активности". Тип переменной – double C++ или real*8 Fortran.

Sensor_WS — имя переменной, в которой содержится откорректированное настроечными коэффициентами и преобразованное в необходимые единицы измерения значения активности (МПД, МАЭД). Переменная рассчитывается в модели АСРК и является выходной. Тип переменной – double C++ или real*8 Fortran.

Sensor_XQ01 — копия переменной **Sensor_WS**. Используется в качестве интерфейса между моделями внутри КАРПУ, а также КАРПУ и СВБУ.

Sensor_HA — имя бинарного сигнала, сигнализирующего превышение аварийной уставки. Тип переменной – bool C++ или logical*1 Fortran.

Sensor_HA_LIM — значение аварийной уставки. Тип переменной – double C++ или real*8 Fortran.

Sensor_AR — копия переменной **Sensor_HA_LIM**. Используется в качестве интерфейса между КАРПУ и СВБУ.

Sensor_HW — имя бинарного сигнала, сигнализирующего превышение предупредительной уставки. Тип переменной – bool C++ или logical*1 Fortran.

Sensor_HW_LIM — значение предупредительной уставки. Тип переменной – double C++ или real*8 Fortran.

Sensor_PR — копия переменной **Sensor_HW_LIM**. Используется в качестве интерфейса между КАРПУ и СВБУ.

Так как во многих языках программирования имеются ограничения на формирование имени переменной (переменная не может начинаться с цифр как KKS), то внутри модели АСРК переменные имеют приставки MOD (**MOD_Sensor_WSV** или **MOD_Sensor_WSM**).

Обработка апериодическим фильтром показаний датчиков используется для настройки скорости изменения показаний и производится по формуле 3.1. Настройка скорости изменения показаний датчика производится путем изменения величины постоянной апериодического фильтра. При $\lambda \rightarrow \infty$ обработанное фильтром показание датчика будет соответствовать исходному. При $\lambda \rightarrow 0$, скорость изменения показаний датчика стремится к 0.

$$A_f = \frac{Sensor_WSV * \Delta t * \lambda + A_f}{1 + \Delta t * \lambda}, \quad (3.1)$$

где:

A_f — значения показаний датчика активности, обработанного апериодическим фильтром (интерфейсное имя APF_Sensor);

Δt — временной шаг, сек.;

λ — постоянная апериодического фильтра, 1/сек.

Корректировка показаний датчиков без использования фильтров, а также преобразования единиц измерения производится по формуле 3.2.

$$Sensor_WS = k * (Sensor_WSV + b). \quad (3.2)$$

где:

\mathbf{k} — настроечный коэффициент (интерфейсное имя TUN_K_Sensor);

\mathbf{b} — настроечный коэффициент (интерфейсное имя TUN_Sensor_STEV).

Все датчики имеют свои независимые настроечные коэффициенты, которые сохраняются в состоянии.

3.2 ДАТЧИКИ ОА

В меню настройки элемента «Датчик ОА» имеется список нуклидов, которые учитываются при отображении значения объемной активности. При учёте нескольких нуклидов, значение их активности будет просуммировано. Также имеется флаг отображения объемной или массовой активности. При отображении объемной активности, значение массовой активности будет умножено на плотность теплоносителя в ближайшем узле или баке согласно выражению $A_v = A_m \rho$.

Так как САПР теплогидравлики рассчитывает перенос радиоактивной нуклидов в аналогичных единицах измерения, что и у показаний датчика объемной активности, то шаг преобразования единиц измерения не требуется.

В КАРПУ моделируются показания датчиков ОА, указанный в таблице 3.1. В данной таблице и в последующих применяются следующие сокращения:

ВГП — верхняя граница показаний датчика;

НГП — нижняя граница показаний датчика;

АУ — аварийная уставка;

ПУ — предупредительная уставка.

Таблица 3.1 - Датчики объемной активности, показания которых моделируются в KAPPU

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KLA-21CR202	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров 10KLA21
10KLA-22CR401	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	5.0e+01	ОА аэрозолей до фильтров 10KLA22AN001, 10KLA22AN002
10KLA-21CR201	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	3.0e+01	ОА йодов до фильтров 10KLA21AN001, 10KLA21AN002
11UKH-56CR201B	1.0e+05	1.00e+00	1.0e+02	1.0e+01	Средняя ОА I-131 в венттрубе 10UKH за сутки
10KBA-10CR815	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-133 в теплоносителе первого контура
12UKH-56CR601	3.7e+08	0.00e+00	4.0e+07	4.0e+05	ОА ИРГ в венттрубе 10UKH
12PEB-20CR802	2.5e+06	1.00e-15	6.0e+04	6.0e+03	ОА охлаждающей воды ответственных потребителей в 2 канале системы PEB
10KLA-21CR404	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров 10KLA21
10LBA-30CR001	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклидов в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-3 10JEA30AC001
10KLB-22CR206	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров (ветка 12KLB22)

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
12UKH-56CR401A	1.0e+04	0.00e+00	5.0e+01	5.0e+00	Средняя ОА аэрозолей в венттрубе 10UKH от начала смены кадра
10KBA-10CR814	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-132 в теплоносителе первого контура
10JEA-30CR801	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-131 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)
10KLA-21CR405	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров 10KLA21
11UKH-56CR401B	1.0e+04	1.00e-01	5.0e+01	5.0e+00	ОА долгоживущих аэрозолей в венттрубе 10UKH (с 24-часовой выдержкой)
10JEA-10CR803	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-133 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)
10UJA-24CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+06	5.0e+05	ОА ИРГ в боксе компенсатора давления
10KLA-22CR203	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров 10KLA22
10KBA-10CR805	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-133 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10JEA-20CR805	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-135 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
10JEA-40CR806	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-24 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
12KLB-22CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+06	НЕТ	ОА ИРГ (к кольцевом зазоре зд. UJA) на общем коллекторе до фильтров
10KLA-22CR402	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров 10KLA22
10KLA-21CR402	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров 10KLA21
10KLB-22CR204	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров (ветка 12KLB22)
10JEA-30CR804	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-134 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)
10UJA-27CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+06	5.0e+05	ОА ИРГ в шахте реактора
10LBA-30CR002	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида N-16 в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-3 10JEA30AC001
10KLA-21CR204	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров 10KLA21

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10JEA-30CR803	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-133 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)
10JEA-40CR804	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-134 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
12PEB-20CR801	2.5e+06	1.00e-15	6.0e+04	6.0e+03	ОА охлаждающей воды ответственных потребителей в 2 канале системы PEB
10KBA-10CR813	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-131 в теплоносителе первого контура
10UKH-44CR601	1.0e+08	1.00e+04	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Ar-41 в вентрубе 10UKH
10KLB-22CR406	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров (ветка 12KLB22)
10JEA-20CR802	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-132 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
10KLA-21CR401	1.0e+05	0.00e+00	5.0e+03	3.0e+02	ОА аэрозолей до фильтров 10KLA21AN001, 10KLA21AN002

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10LBA-40CR001	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклидов в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-4 10JEA40AC001
10KBA-10CR817	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-135 в теплоносителе первого контура
11UKH-56CR601	3.7e+08	1.00e+04	4.0e+07	4.0e+05	ОА ИРГ в венттрубе 10UKH
10JEA-10CR804	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-134 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)
10KLA-21CR203	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров 10KLA21
10KBA-10CR811	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Хе-133 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10KLA-21CR406	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров 10KLA21
10UKH-44CR608	1.0e+08	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Хе-138 в вентрубе 10UKH
10KBA-10CR803	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-131 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10JEA- 10CR805	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-135 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)
10KBA- 10CR820	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Cs-134 в теплоносителя первого контура
10UKH- 44CR603	1.0e+09	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Kr-87 в вентрубе 10UKH
10KLA- 22CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+08	1.0e+05	ОА ИРГ после фильтров 10KLA22AN001, 10KLA22AN002
10JEA- 20CR803	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-133 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
10KLB- 22CR404	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров (ветка 12KLB22)
11PEB- 10CR801	2.5e+06	2.50e+03	6.0e+04	6.0e+03	ОА охлаждающей воды ответственных потребителей в 1 канале системы PEB
10JEA- 10CR802	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-132 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)
10KBA- 10CR819	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида K-42 в теплоносителя первого контура

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10КВА-10CR804	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-132 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10УКН-44CR606	1.0e+08	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Хе-135 в вентрубе 10УКН
10КРМ-23CR601	3.7e+08	0.00e+00	2.0e+08	2.0e+07	ОА ИРГ после фильтров-адсорберов на выходе из 3 нитки
10КВА-10CR816	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-134 в теплоносителе первого контура
10КВА-10CR822	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Со-60 в теплоносителе первого контура
10КВА-10CR807	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-135 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10JEA-30CR805	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-135 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)
10LBA-10CR001	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклидов в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-1 10JEA10AC001

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10JEA-20CR806	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-24 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
11UKH-56CR401A	1.0e+04	1.00e-01	5.0e+01	5.0e+00	Средняя ОА аэрозолей в венттрубе 10UKH от начала смены кадра
10KLA-22CR201	1.0e+05	0.00e+00	2.0e+03	1.0e+01	ОА йодов до фильтров 10KLA22AN001, 10KLA22AN002
10KLA-22CR204	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров 10KLA22
10KBA-10CR809	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-42 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10JEA-40CR807	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-42 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
10KLB-22CR403	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров (ветка 11KLB22)
10KBA-10CR810	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Кг-88 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10KLA-21CR205	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров 10KLA21

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10JEA-10CR806	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-24 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)
10JEA-20CR807	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-42 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
10LBA-20CR002	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида N-16 в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-2 10JEA20AC001
11PEB-10CR802	2.5e+06	2.50e+03	6.0e+04	6.0e+03	ОА охлаждающей воды ответственных потребителей в 1 канале системы PEB
10KLA-21CR403	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров 10KLA21
10JEA-40CR805	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-135 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
10LBA-10CR002	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида N-16 в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-1 10JEA10AC001
10JEA-10CR801	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-131 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KBA-10CR821	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Cs-137 в теплоносителя первого контура
10JEA-20CR804	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-134 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
10UKH-44CR605	1.0e+08	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Хе-133 в вентрубе 10UKH
11KLB-22CR601	3.7e+08	1.00e+04	1.0e+06	НЕТ	ОА ИРГ (к кольцевом зазоре зд. УА) на общем коллекторе до фильтров
10JEA-30CR802	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-132 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)
10KPM-22CR601	3.7e+08	1.00e-15	2.0e+08	2.0e+07	ОА ИРГ после фильтров-адсорберов на выходе из 2 нитки
10LBA-20CR001	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклидов в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-2 10JEA20AC001
10JEA-10CR807	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-42 в воде солевого отсека парогенератора JEA10 (ПГ-1)
10KLA-22CR403	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров 10KLA22

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10КВА-10CR812	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Хе-135 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10JEA-40CR803	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-133 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
10KLB-22CR203	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров (ветка 11KLB22)
10JEA-20CR801	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-131 в воде солевого отсека парогенератора JEA20 (ПГ-2)
10KLA-21CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+08	1.0e+05	ОА ИРГ после фильтров 10KLA21AN001, 10KLA21AN002
10KLB-22CR205	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров (ветка 11KLB22)
10КВА-10CR806	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-134 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10JEA-30CR807	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-42 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
11UKH-56CR201A	1.0e+05	1.00e+00	1.0e+02	1.0e+01	Текущее значение ОА I-131 в венттрубе 10UKH
10UKH-44CR604	1.0e+09	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Kr-88 в вентрубе 10UKH
10JEA-30CR806	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида К-24 в воде солевого отсека парогенератора JEA30 (ПГ-3)
10KLB-22CR405	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров (ветка 11KLB22)
10KLA-22CR404	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров 10KLA22
10JEA-40CR801	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-131 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
10KLA-21CR206	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров 10KLA21
10JEA-40CR802	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида I-132 в воде солевого отсека парогенератора JEA40 (ПГ-4)
10UKH-44CR602	6.0e+09	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Kr-85 в вентрубе 10UKH
12UKH-56CR401B	1.0e+04	0.00e+00	5.0e+01	5.0e+00	ОА долгоживущих аэрозолей в венттрубе 10UKH (с 24-часовой выдержкой)
10KLA-22CR202	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров 10KLA22

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10LBA-40CR002	2.0e+08	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида N-16 в свежем паре в паропроводе парогенератора ПГ-4 10JEA40AC001
10UKH-44CR607	1.0e+08	5.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА ИРГ по Хе-137 в вентрубе 10UKH
10KPM-21CR601	3.7e+08	1.00e-15	2.0e+08	2.0e+07	ОА ИРГ после фильтров-адсорберов на выходе из 1 нитки

Показания датчиков ОА, измеряющих среднюю активность за сутки и от начала смены кадра до применения настроечных коэффициентов, согласно формуле 3.2, обрабатываются фильтром скользящего среднего. Началом смены кадра в КАРРУ является запуск тренажера. Таким образом показания рассчитываются по следующей формуле:

$$Sensor_WS = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Sensor_WSV_i}{N}$$

, где N – количество показаний датчика от начала работы модели.

При моделировании показаний датчиков ОА долгоживущих нуклидов с 24-х часовой выдержкой учитываются радионуклиды Cs-134 ($T_{\frac{1}{2}} = 2.065$ лет) и Cs-137 ($T_{\frac{1}{2}} = 30.17$ лет). Значения объемной активности данных нуклидов суммируются. 24-х часовая выдержка используется для исключения влияния короткоживущих радиоактивных изотопов на результаты измерений. Учитывая, что за 24 часа активность/концентрация Cs-134 и Cs-137 изменится на пренебрежительно малую величину в ходе радиоактивного распада, а активность от остальных короткоживущих нуклидов можно не учитывать, выставив необходимые настройки в элементе «датчик активности» теплогидравлического САПР, показания датчика не обрабатываются дополнительными фильтрами и равняется текущему значению ОА долгоживущих изотопов.

В таблице 3.2 представлены датчики, показания которых отображаются (отображается постоянная величина в пределах уставок), но не моделируются в КАРРУ.

Таблица 3.2 - Датчики объемной активности, показания которых не моделируются в КАРРУ

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10NDA-10CR802	3.7e+06	3.70e+03	2.0e+04	НЕТ	ОА прямой сетевой воды
10PAB-15CR801	2.5e+06	2.50e+03	6.0e+04	6.0e+03	ОА основной охлаждающей воды в трубопроводах системы PAB
10UKH-44CR609	5.0e+09	5.00e+04	НЕТ	НЕТ	ОА С-14 в венттрубе 10UKH
10KLE-23CR404	1.0e+04	2.50e+01	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE23
12SAC-50CR201	3.7e+05	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов в зоне воздухозабора РПУ
10KLC-22CR202	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLC22
10QUN-20CR802	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+05	2.0e+04	ОА Na-24 в продувочной воде в солевом отсеке ПГ 2 JEA20AC001
10KLE-23CR402	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	5.0e+01	ОА аэрозолей в общем коллекторе до фильтров 10KLE23AT001 10KLE23AT008

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10QUN-40CR802	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+05	2.0e+04	ОА Na-24 в продувочной воде в солевом отсеке ПГ 4 JEA40AC001
10KLE-22CR405	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE22
10SAC-51CR405	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 12SAC51
10KLE-22CR204	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йопослев после фильтров системы 10KLE22
10KLE-22CR203	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLE22
10KLE-23CR407	1.0e+04	2.50e+01	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 10KLE23
10KLC-22CR403	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLC22
10KPM-40CR601	3.7e+08	0.00e+00	3.7e+05	3.7e+04	ОА ИРГ после фильтров
10KLE-22CR403	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE22
10SAC-41CR402	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 11SAC41

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KLE-23CR405	1.0e+04	2.50e+01	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE23
12UKH-56CR201	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+02	1.0e+01	Текущее значение ОА I-131 в венттрубе 10UKH
10KLE-22CR201	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	3.0e+01	ОА йодов в общем коллекторе до фильтров 10KLE22AT001 10KLE22AT008
10KLE-23CR207	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 10KLE23
10KLE-23CR203	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLE23
10PAB-25CR801	2.5e+06	2.50e+03	6.0e+04	6.0e+03	ОА основной охлаждающей воды в трубопроводах системы PAB
10KLC-21CR402	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLC21
10SAC-41CR201	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 11SAC41
10KLC-21CR204	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 10KLC21
10GHC-01CR802	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+04	2.0e+04	ОА воды в трубопроводе подпитки

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10SAC-41CR404	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 12SAC41
10KLE-24CR404	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE24AT003
10MAJ-10CR801	2.0e+08	1.00e+05	НЕТ	НЕТ	ОА среды в коллекторе системы MAJ до 10MAJ10AA001 10MAJ10AA002
10QUN-10CR802	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+05	2.0e+04	ОА Na-24 в продувочной воде в солевом отсеке ПГ 1 JEA10AC001
10KLE-24CR405	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE24AT004
10KLE-23CR406	1.0e+04	2.50e+01	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 10KLE23
10KLE-22CR206	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 10KLE22
10UKH-44CR610	5.0e+09	5.00e+04	НЕТ	НЕТ	ОА Н-3 в венттрубе 10UKH
10GMS-10CR801	2.5e+06	2.50e+03	1.0e+05	5.0e+04	ОА воды в трубопроводе продувки и сбросе воды в реку Дон системы GMS

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10SAC-51CR402	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 11SAC51
10KLC-22CR203	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLC22
10SAC-51CR403	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 12SAC51
10KLE-22CR401	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	5.0e+01	ОА аэрозолей в общем коллекторе до фильтров 10KLE22AT001 10KLE22AT008
10KLE-22CR402	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE22
10KLE-24CR407	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 10KLE24AT001
10KLE-23CR205	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йопослев после фильтров системы 10KLE23
10KLE-23CR201	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	3.0e+01	ОА йодов в общем коллекторе до фильтров 10KLE23AT001 10KLE23AT008
10PAB-35CR801	2.5e+06	2.50e+03	6.0e+04	6.0e+03	ОА основной охлаждающей воды в трубопроводах системы PAB

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10GMS-10CR802	2.5e+06	2.50e+03	1.0e+05	5.0e+04	ОА воды в трубопроводе продувки и сбросе воды в реку Дон системы GMS
10KLE-22CR406	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 10KLE22
10SAC-51CR401	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 11SAC51
10QUN-40CR801	3.7e+06	1.00e+04	1.0e+06	2.0e+04	ОА продувочной воды в солевом отсеке ПГ 4 JEA40AC001
10QUN-30CR802	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+05	2.0e+04	ОА Na-24 в продувочной воде в солевом отсеке ПГ 3 JEA30AC001
10KLE-23CR403	1.0e+04	2.50e+01	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE23
10SAC-51CR203	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 12SAC51
10LCQ-50CR801	2.5e+06	1.00e+04	4.0e+04	2.0e+04	ОА воды продувки ПГ после фильтра-контейнера 10LCQ50AT001
10KLE-22CR205	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йопослев после фильтров системы 10KLE22

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KLE- 23CR401	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	5.0e+01	ОА аэрозолей в общем коллекторе до фильтров 10KLE23AT001 10KLE23AT008
10GHC- 01CR801	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+04	2.0e+04	ОА воды в трубопроводе подпитки
10KLE- 23CR206	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 10KLE23
10KLC- 22CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+08	1.0e+05	ОА ИРГ после фильтров 10KLC22AN001, 10KLC22AN002
10KBA- 10CR808	3.7e+11	3.70e+06	НЕТ	НЕТ	ОА радионуклида Na-24 в продувочной воде 1 контура до фильтров системы КВЕ 50-60
10KLC- 21CR403	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLC21
10SAC- 41CR204	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 12SAC41
10SAC- 51CR204	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 12SAC51
10QUN- 30CR801	3.7e+06	1.00e+04	1.0e+06	2.0e+04	ОА продувочной воды в солевом отсеке ПГ 3 JEA30AC001

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10SAC-41CR202	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 11SAC41
10KLC-22CR402	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLC22
10KBA-10CR818	3.7e+13	1.04e+00	НЕТ	НЕТ	ОА радинуклида Na-24 в теплоносителе первого контура
10KLC-21CR601	3.7e+08	0.00e+00	1.0e+08	1.0e+05	ОА ИРГ после фильтров 10KLC21AN001, 10KLC21AN002
10KLE-23CR204	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йопослев после фильтров системы 10KLE23
10KLC-22CR204	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 10KLC22
10SAC-41CR401	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 11SAC41
10SAC-51CR202	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 11SAC51
10KLE-22CR404	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE22
10KLC-22CR404	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 10KLC22

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KLC- 21CR203	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLC21
10KPF- 40CR801	2.5e+06	1.00e+04	4.0e+04	2.0e+04	ОА дистиллята после селективного фильтра 10KPF40AT001
11SAC- 50CR201	3.7e+05	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов в зоне воздухозабора РПУ
10QUN- 10CR801	3.7e+06	1.00e+04	1.0e+06	2.0e+04	ОА продувочной воды в солевом отсеке ПГ 1 JEA10AC001
10SAC- 51CR201	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 11SAC51
10KLE- 24CR406	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE24AT005
10NDA- 10CR801	3.7e+06	3.70e+03	2.0e+04	НЕТ	ОА прямой сетевой воды
10SAC- 41CR403	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 12SAC41
10KLE- 24CR403	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE24AT002
10KLE- 23CR202	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	3.0e+01	ОА йодов в общем коллекторе до фильтров 10KLE23AT001 10KLE23AT008
10SAC- 41CR203	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов до фильтров системы 12SAC41

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KLE-24CR402	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 10KLE24AT001
10QUN-20CR801	3.7e+06	1.00e+04	1.0e+06	2.0e+04	ОА продувочной воды в солевом отсеке ПГ 2 JEA20AC001
10LCM-81CR801	2.5e+06	1.00e+05	2.0e+06	3.7e+05	ОА конденсата в баке 10LCM81BB001
11UKH-56CR401C	1.0e+04	1.00e-01	5.0e+01	5.0e+00	ОА аэрозолей в венттрубе 10UKH за смену
10KLC-21CR404	1.0e+03	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей до фильтров системы 10KLC21
10LCQ-50CR802	3.7e+06	3.70e+03	4.0e+05	2.0e+04	ОА Na-24 в продувочной воде ПГ после фильтра-контейнера 10LCQ50AT001
12SAC-40CR201	3.7e+05	0.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов в зоне воздухозабора БПУ
11UKH-56CR201C	1.0e+05	1.00e+00	1.0e+02	1.0e+01	Средняя ОА I-131 в венттрубе 10UKH за период (смену)
10KLC-21CR202	1.0e+03	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLC21
10SAC-51CR404	1.0e+04	1.00e+00	НЕТ	НЕТ	ОА аэрозолей после фильтров системы 12SAC51

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк/м ³	НГП, Бк/м ³	АУ (НА), Бк/м ³	ПУ (НВ), Бк/м ³	Описание
10KLE-22CR202	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 10KLE22
11SAC-40CR201	3.7e+05	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов в зоне воздухозабора БПУ
10РАВ-45CR801	2.5e+06	2.50e+03	6.0e+04	6.0e+03	ОА основной охлаждающей воды в трубопроводах системы РАВ
10SAC-51CR205	1.0e+04	3.70e+00	НЕТ	НЕТ	ОА йодов после фильтров системы 12SAC51
10KLE-24CR401	1.0e+05	0.00e+00	1.0e+03	5.0e+01	ОА аэрозолей в общем коллекторе до фильтров 10KLE24АТ001 10KLE24АТ004

3.3 ДАТЧИКИ АКТИВНОСТИ

Датчики активности, модулирующиеся в КАРПУ представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Датчики активности, показания которых моделируются в КАРПУ

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк	НГП, Бк	АУ (НА), Бк	ПУ (НВ), Бк	Описание
10KLB-22CR201	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров в общем коллекторе

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк	НГП, Бк	АУ (НА), Бк	ПУ (НВ), Бк	Описание
10KPM-21CR401	1.0e+05	2.5e+01	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей после фильтров-адсорберов 1 нитки
10KLA-02CR404	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей после фильтров системы 10KLA02AN002
10KPM-23CR401	1.0e+05	2.5e+01	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей после фильтров-адсорберов 3 нитки
10UKH-56CR201	5.0e+09	1.0e+04	НЕТ	НЕТ	Активность I-131 в венттрубе 10UKH за 1 сутки
10KLA-02CR403	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров системы 10KLA02AN002
10KPM-22CR201	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов после фильтров-адсорберов 2 нитки
10KLA-02CR401	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров системы 10KLA02AN001
10KPM-23CR201	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов после фильтров-адсорберов 3 нитки
10UKH-56CR404	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность бета-аэрозолей в венттрубе 10UKH

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк	НГП, Бк	АУ (НА), Бк	ПУ (НВ), Бк	Описание
10KLA-02CR201	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров системы 10KLA02AN001
10KPM-21CR201	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов после фильтров-адсорберов 1 нитки
10KLA-02CR402	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей после фильтров системы 10KLA02AN001
10KLA-02CR203	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров системы 10KLA02AN002
10UKH-56CR402	5.0e+09	1.0e+04	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей по Cs-137 в венттрубе 10UKH за 1 сутки
10KLA-02CR204	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов после фильтров системы 10KLA02AN002
10UKH-56CR401	5.0e+09	1.0e+04	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей Cs-134 в венттрубе 10UKH за 1 сутки
10KLB-22CR402	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров в общем коллекторе
10KLB-22CR202	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров в общем коллекторе

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк	НГП, Бк	АУ (НА), Бк	ПУ (НВ), Бк	Описание
10KLB-22CR401	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров в общем коллекторе
10KLA-02CR202	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов после фильтров системы 10KLA02AN001
10KPM-22CR401	1.0e+05	2.5e+01	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей после фильтров-адсорберов 2 нитки
10UKH-56CR405	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность бета-аэрозолей в венттрубе 10UKH

Алгоритм обработки датчиков активности аналогичен алгоритму обработки показаний датчиков объемной активности за исключением шага преобразования единиц измерения.

Для перевода значений Бк/м³ в Бк, в модели АСРК используются значения расходов теплоносителя, а также значение шага по времени. Значение расхода теплоносителя импортируется из ближайшего элемента теплогидравлического САПР «Поток». Интерфейсное имя переменной с значением расхода FLOW_V_GGM3H (FLOW – имя элемента «Поток» на схеме САПР). Значение объемной активности из элемента теплогидравлического САПР «Датчик активности». Преобразование единиц измерения происходит согласно уравнению 3.3.

$$A = Sensor_WSV * G * \frac{\Delta t}{3600}, \quad (3.3)$$

где:

A — значение активности, Бк;

G — значение расхода в ближайшем к датчику Sensor элементу «Поток», м³/ч;

Δt — шаг по времени, сек.

В таблице 3.4 представлены датчики, показания которых отображаются (отображается постоянная величина в пределах уставок), но не моделируются в КАРРУ.

Таблица 3.4 - Датчики объемной активности, показания которых не моделируются в КАРРУ

Имя датчика (KKS)	ВГП, Бк	НГП, Бк	АУ (НА), Бк	ПУ (НВ), Бк	Описание
10KLC-21CR401	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров системы 10KLC21
10KPM-41CR401	1.0e+05	2.5e+01	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров 1 нитки
10KLC-22CR401	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров системы 10KLC22
10KPM-42CR401	1.0e+05	2.5e+01	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей до фильтров 2 нитки
10KPM-40CR201	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов после фильтров
10KPM-41CR201	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров 1 нитки
10KLC-21CR201	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров системы 10KLC21
10KPM-42CR201	1.0e+04	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров 2 нитки
10KLC-22CR201	1.0e+03	1.0e+00	НЕТ	НЕТ	Активность йодов до фильтров системы 10KLC22
10KPM-40CR401	1.0e+05	2.5e+01	НЕТ	НЕТ	Активность аэрозолей после фильтров

3.4 ДАТЧИКИ МПД И МАЭД

Элементов датчики МПД в теплогидравлическом САПРе нет. Элемент теплогидравлического САПРа датчик активности также не подходит для получения значения МПД, так как его итоговым значением является сумма значений активностей всех учитываемых элементов. Таким образом для моделирования показаний датчиков МПД используется массив со значениями массовой активности ($Node_WASTE(1:N)$) для каждого переносимого радиоактивного элемента (или совокупности элементов), который рассчитывается для ближайшего к месту расположения датчика элемента теплогидравлического САПРа «узел» («бак»).

Перевод из единиц Бк/кг теплоносителя в Гр/ч производится согласно формуле 3.4 расчета цилиндрического объемного непоглощающего источника (без учета самопоглощения), заимствованным из справочника [1].

$$A_{\gamma} = \sum_{i=1}^N 4\pi * Node_WASTE_i * \rho * J_i * 3600 * g_{factor}, \quad (3.4)$$

$$g_{factor} = \frac{1}{2}(h_1\beta(\frac{h_1}{R}) + h_2\beta(\frac{h_2}{R})), \quad (3.5)$$

$$\beta(\frac{h}{R}) = \frac{1}{2}(1 + \ln \frac{1 + \sqrt{1 + 4(R/h)^2}}{2} + 2\frac{R}{h} - \sqrt{1 + 4(R/h)^2}), \quad (3.6)$$

где:

A_{γ} — значение МПД или МАЭД, Гр/ч или Зв/ч;

$Node_WASTE_i$ — значение массовой активности для i -го нуклида, Бк/кг;

ρ — значение плотности теплоносителя в узле (баке), кг/м³;

J_i — гамма постоянная для i -го нуклида, Гр*м²/(с*Бк) или Зв*м²/(с*Бк);

g_{factor} — поправка на геометрию;

h_1, h_2 — расстояние от границ цилиндра до проекции на ось цилиндра точки, в которой измеряется значение МПД, МАЭД, м;

R — радиус цилиндрического источника, м;

i — номер нуклида;

N — количество учитываемых нуклидов.

Датчики МПД и МАЭД, моделируемые в КАРРУ, представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Датчики МПД и МАЭД, показания которых моделируются в КАРРУ

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
12UJA-36CR001A	1.0e+05	0.0e+00	5.0e-01	5.0e-02	МПД фотонного излучения под оболочкой ЦЗ
12UKH-44CR001	1.0e+01	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-06	МПД фотонного излучения в венттрубе 10UKH
12LBA-20CR802A	2.0e-03	0.0e+00	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-2. Здание UJE
11LBA-30CR801A	2.0e-03	2.5e-07	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-3. Здание UJE
11LBA-20CR801A	2.0e-03	2.5e-07	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-2. Здание UJE
10UJA-16CR001	1.0e+00	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения над бассейном выдержки
10KPM-22CR002	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения от трубопроводов после фильтров-адсорберов 2 нитки
12JNA-20CR001	1.0e+01	5.0e-06	2.0e-02	6.0e-03	МПД фотонного излучения в 2 канале системы JNA

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
10UJE-26CR003	1.0e+01	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-06	МПД фотонного излучения на крыше здания UJE у выхлопа трубопровода БРУ-А
11JNA-10CR002	1.0e+01	5.0e-06	2.0e-02	6.0e-03	МПД фотонного излучения в 1 канале системы JNA
12LBA-30CR802A	2.0e-03	0.0e+00	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-3. Здание UJE
10KBE-50CR001	3.0e-02	1.0e-08	5.0e-04	2.0e-05	МПД фотонного излучения продувочной воды 1 контура после фильтров системы
10KPM-23CR001	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения от трубопроводов до фильтров-адсорберов 3 нитки
12JNA-20CR002	1.0e+01	5.0e-06	2.0e-02	6.0e-03	МПД фотонного излучения в 2 канале системы JNA
10KPM-23CR002	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения от трубопроводов после фильтров-адсорберов 3 нитки

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	НГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	АУ (НА), Гр/ч (ЗВ/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (ЗВ/ч)	Описание
10PGB-50CR001	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-01	1.0e-01	МПД фотонного излучения от трубопроводов после ГЗ
12LBA-10CR802A	2.0e-03	0.0e+00	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-1. Здание UJE
11LBA-10CR801A	2.0e-03	2.5e-07	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-1. Здание UJE
10UJE-26CR001	1.0e+01	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-06	МПД фотонного излучения на крыше здания UJE у выхлопа трубопровода БРУ-А
10UJE-26CR004	1.0e+01	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-06	МПД фотонного излучения на крыше здания UJE у выхлопа трубопровода БРУ-А
12LBA-40CR802A	2.0e-03	0.0e+00	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-4. Здание UJE
12UJA-36CR001B	1.0e+05	0.0e+00	5.0e-01	5.0e-02	МПД фотонного излучения под оболочкой ЦЗ (холодный резерв)
11UJA-36CR001A	1.0e+05	5.0e-03	5.0e-01	5.0e-02	МПД фотонного излучения под оболочкой ЦЗ
11JNA-10CR001	1.0e+01	5.0e-06	2.0e-02	6.0e-03	МПД фотонного излучения в 1 канале системы JNA

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	НГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	АУ (НА), Гр/ч (ЗВ/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (ЗВ/ч)	Описание
10КВА-10CR001	3.0e-02	1.0e-08	5.0e-04	2.0e-05	МПД фотонного излучения от трубопровода продувочной воды 1 контура до фильтров
10KPM-21CR001	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения от трубопроводов до фильтров-адсорберов 1 нитки
11КАА-10CR001	1.0e-01	1.0e-07	3.0e-06	НЕТ	МПД фотонного излучения от трубопровода промконтура после теплообменника 11JNB10AC001
10UJE-26CR002	1.0e+01	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-06	МПД фотонного излучения на крыше здания UJE у выхлопа трубопровода БРУ-А
11LBA-40CR801A	2.0e-03	2.5e-07	1.0e-06	1.0e-06	МПД от паропровода парогенератора ПГ-4. Здание UJE
10KPM-21CR002	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения от трубопроводов после фильтров-адсорберов 1 нитки

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
11UJA- 36CR001B	1.0e+05	5.0e-03	5.0e-01	5.0e-02	МПД фотонного излучения под оболочкой ЦЗ (холодный резерв)
10KPM- 22CR001	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МПД фотонного излучения от трубопроводов до фильтров-адсорберов 2 нитки
12КАА- 20CR001	1.0e-01	1.0e-07	3.0e-06	НЕТ	МПД фотонного излучения от трубопровода промконтра после теплообменника 12JNB30AC001
10КВА- 10CR002	3.0e-02	1.0e-08	5.0e-04	2.0e-05	МПД фотонного излучения от трубопровода продувочной воды 1 контра до фильтров
11УКН- 44CR001	1.0e+01	1.0e-07	1.0e-04	1.0e-06	МПД фотонного излучения в венттрубе 10УКН
10UJA- 10CR001	3.0e-02	1.0e-08	2.0e-03	2.0e-04	МАЭД фотонного излучения в помещении вентустановки системы KLA 02

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
10UJA-10CR002	3.0e-02	1.0e-08	2.0e-03	2.0e-04	МАЭД фотонного излучения в помещении вентустановки системы KLA 02

В таблице 3.6 представлены датчики, показания которых отображаются (отображается постоянная величина в пределах уставок), но не моделируются в КАРРУ.

Таблица 3.6 - Датчики МПД и МАЭД, показания которых не моделируются в КАРРУ

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
12SAC-40CR001	1.0e-04	1.0e-08	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора БПУ
10KPK-10CR001	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	1.0e-03	МПД фотонного излучения от резервного бака 10KPK10BV001
10MAJ-10CR001	1.0e-01	1.0e-08	1.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения на поверхности коллектора системы МАJ до 10MAJ10AA001 10MAJ10AA002

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	НГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	АУ (НА), Гр/ч (ЗВ/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (ЗВ/ч)	Описание
11SAC-50CR001	1.0e-04	1.0e-07	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора РПУ
10PGB-60CR002	5.0e-04	1.0e-08	3.0e-06	3.0e-06	МПД фотонного излучения от трубопроводов на входе в теплообменник 10PGB60AC002
12SAC-50CR001	1.0e-04	1.0e-08	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора РПУ
12SAC-50CR002	1.0e-04	1.0e-08	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора РПУ
11SAC-50CR002	1.0e-04	1.0e-07	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора РПУ
12SAC-40CR002	1.0e-04	1.0e-08	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора БПУ
11SAC-40CR001	1.0e-04	1.0e-07	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора БПУ
10КРК-30CR001	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	1.0e-03	МПД фотонного излучения от бака среднеактивных сорбентов 10КРК30ВВ001

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	НГП, Гр/ч (ЗВ/ч)	АУ (НА), Гр/ч (ЗВ/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (ЗВ/ч)	Описание
10PGB- 60CR001	5.0e-04	1.0e-08	3.0e-06	3.0e-06	МПД фотонного излучения от трубопроводов на входе в теплообменник 10PGB60AC001
11SAC- 40CR002	1.0e-04	1.0e-07	3.0e-06	3.0e-07	МПД фотонного излучения в зоне воздухозабора БПУ
10KPK- 30CR002	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	1.0e-03	МПД фотонного излучения от бака среднеактивных сорбентов 10KPK30BV002
10UKA- 04CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-05	МАЭД фотонного излучения в кольцевом коридоре
10UJA- 18CR004	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения около основного шлюза
10UKC- 32CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKC- 04CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UJA- 18CR002	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения в секторе кольцевого коридора обслуживания
10UKC- 22CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
10UJA-36CR005	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения в ЦЗ над ГЦН-4
10UKC-04CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKC-29CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKA-04CR004	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-05	МАЭД фотонного излучения в кольцевом коридоре
10UKC-22CR003	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в помещении отбора проб из оборудования здания UJA
10UJA-36CR004	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения в ЦЗ над ГЦН-3
10UKC-22CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKC-10CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
12UBB-14CR001	1.0e+00	1.0e-08	5.0e-02	3.0e-06	МАЭД фотонного излучения в помещении БПУ
10UKC-10CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UJA-36CR003	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения в ЦЗ над ГЦН-2

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
10UJA-36CR002	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения в ЦЗ над ГЦН-1
10UJA-36CR001	1.0e+01	1.0e-08	1.0e-02	НЕТ	МАЭД фотонного излучения в ЦЗ около шахты ре-актора
12UBB-18CR001	1.0e+00	1.0e-08	5.0e-02	3.0e-06	МАЭД фотонного излучения в помещении РПУ
10UKC-32CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKC-25CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UJA-18CR001	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения в секторе кольцевого коридора обслуживания
10UKC-14CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKC-29CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKA-04CR003	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-05	МАЭД фотонного излучения в кольцевом коридоре
10UKC-04CR003	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UJA-18CR003	3.0e-02	1.0e-08	1.0e-03	3.0e-04	МАЭД фотонного излучения около аварийного шлюза
10UKC-18CR001	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре

Имя датчика (KKS)	ВГП, Гр/ч (Зв/ч)	НГП, Гр/ч (Зв/ч)	АУ (НА), Гр/ч (Зв/ч)	ПУ (НВ), Гр/ч (Зв/ч)	Описание
11UBB- 18CR001	1.0e+00	1.0e-06	5.0e-02	3.0e-06	МАЭД фотонного излучения в помещении РПУ
10UKC- 18CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
10UKA- 04CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-04	1.0e-05	МАЭД фотонного излучения в кольцевом коридоре
10UKC- 25CR002	5.0e-04	1.0e-08	1.0e-05	5.0e-06	МАЭД фотонного излучения в коридоре
11UBB- 14CR001	1.0e+00	1.0e-06	5.0e-02	3.0e-06	МАЭД фотонного излучения в помещении БПУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *В.П. Машковича, А.В. Кудрявцева.* Защита от ионизирующих излучений / А.В. Кудрявцева В.П. Машковича. — Энергоатомиздат, 1995.