



Общество с ограниченной ответственностью  
**«Научно-технический центр «Технологии и безопасности»**  
**ООО «НТЦ «ТБ»**

---

197198, Россия, Санкт-Петербург, ул. Зверинская, д.22 лит. А, Тел.: (812) 237-19-39, (812) 405-88-18; Факс: (812) 237-19-09, [www.ntc-tb.ru](http://www.ntc-tb.ru); [ntc-tb@mail.ru](mailto:ntc-tb@mail.ru)

# **«Научно-технический центр «Технологии и безопасности»**

**Ибадулаев Владислав Асанович**  
**Технический директор**  
**доктор технических наук, профессор**

**«Будущее и перспективы анализа  
опасностей и оценки риска  
аварий (АОР)»**

**1.Цели и задачи АОР  
до 2030-2050 года.**



# Система показателей для комплексной оценки риска ОПО

## 1 уровень – Показатели безотказного функционирования

1. Проектная оценка надежности АСУ ТП, систем обеспечения безопасности.
2. Исходные данные для расчета показателей верхних уровней.

## 2 уровень – Показатели функциональной безопасности

1. Оценка эффективности альтернативных вариантов построения систем обеспечения функциональной безопасности и выбор наиболее приемлемого варианта.
2. Оценка эффективности, выработанных рекомендаций направленных на совершенствование системы безопасности.

## 3 уровень – Показатели риска аварии

1. Оценка эффективности компенсационных мероприятий в обоснование безопасности.
2. Оценка эффективности систем, направленных на снижение последствий аварий.
3. Установление уровней полноты безопасности.

## 4 уровень – Техничко-экономические показатели

1. Выполнение технико-экономического обоснования затрат на обеспечение безопасности.
2. Оптимизация затрат на обеспечение безопасности и снижение риска

**Поиск наилучшего решения по  
обеспечению безопасности с учетом  
показателей интегрального риска**

## Исходные данные (формализованные)

Функционирует (проектируется) сложная организационно-техническая (организационная, техническая ...) система.

**Процесс** функционирования (развития, модернизации, реконструкции ... ) системы характеризуется множеством показателей.

Показатели характеризуются различным - содержанием (финансовые, экономические, социальные, ресурсные, технические, надежности, безопасности ...), размерностью (валюта, проценты, чел/час, метры...), важностью (приоритет показателей в зависимости от сформулированной цели), направленностью показателей (стремление к максимуму или минимуму).

Задача – найти наилучшее (оптимальное) решение по достижению поставленной цели с учетом имеемых значений показателей.

## Оценка эффективности результатов HAZOP

№	Наименование рекомендации	Вер. ФБ, P <sub>ФО</sub>	Вер. ФБ, P <sub>ФМ</sub>	Кэф. Совер ш. ФБ, K <sub>ФБ</sub>	Вероят. Аварии, P <sub>АО</sub>	Вероят. аварии, P <sub>АМ</sub>	Кэф., K <sub>А</sub>
1	Установить сигнализацию по минимальному давлению на нагнетании насоса P-1001/1,2 на прибор PRSAH-1441, PRSAH-1442	0.94085 7	0.94395 4	1.05526	0.000975	0.00097 4	1.00047 5
2	Установить сигнализацию по минимальному расходу на приборе FR-1200	-	-	-	0.001115	0.00097 6	1.14188 9
3	Установить блокировку на поз. LRAHL-1001A по предельному значению верхнего уровня в ёмкости V-1001 на закрытие отсекателя UV-1001	0.99545 7	0.99924 9	6.04710	-	-	-
4	Установить переключатель между приборами LRAHL-1002A и LRSHL-1002B	0.99804 2	0.99829 5	1.14842	-	-	-
5	Установить переключатель между приборами LRAHL-1001A и LRC-1001B	0.99545 7	0.99994 3	79.7117 8	-	-	-
6	Установить сигнализацию по минимальному расходу мазута на прибор FRC-1004	0.99786 8	0.99986 2	15.4533 8	0.000000 1	0.00000 0	15.4533 8
7	Установить сигнализацию по минимальному расходу мазута на прибор FRC-1009	0.99786 8	0.99986 2	15.4533 8	0.000000 1	0.00000 0	15.4533 8
8	Установить сигнализацию по макс. значению давления на входе в печь по потокам PRAL-1100, PRAL-1102, PRAL-1104, PRAL-1106	0.99375 6	0.99380 3	1.00763	0.001705	0.00038 2	4.46004 8



## Определение показателей для принятия решения по результатам HAZOP

N	Наименование рекомендаций HAZOP	Вер-ть, P <sub>ФМ</sub>	Вер_ть, P <sub>АМ</sub>	Т реал, раб/д	Финанс. , руб	Трудовое М., Чел/час
1	Установить сигнализац. по мин. давлению на нагнетании насоса P-1001/1,2 на PRSAH-1441, 1442	0.943954	0.000974	20	300000	180
2	Установить сигнализацию по мин. расходу на приборе FR-1200	-	0.000976	20	300000	180
3	Устан. Блокир. на поз. LRAHL-1001A по пред. значению верх. уровня в ёмкости V-1001 на закрытие отсекаеля UV-1001	0.999249	-	30	600000	240
4	Установить переключатель между приборами LRAHL-1002A 1002B	0.998295	-	10	100000	100
5	Устан. Переключ. между приборами LRAHL-1001A и LRC-1001B	0.999943	-	10	100000	100
6	Установить сигнализацию по мин. расходу мазута на прибор FRC-1004	0.999862	0.0000001	20	300000	180
7	Устан. Сигнализац. по мин. расходу мазута на прибор FRC-1009	0.999862	0.0000001	20	300000	180
8	Установить сигнализац. по макс. давлению на входе в печь по потокам PRAL-1100, 1102, 1104, 1106	0.993803	0.000382	20	300000	180



## Цели, сформулированные ЛПР

1. Обеспечение максимальной безопасности.
2. Обеспечение минимальных финансовых затрат.
3. Обеспечение минимальных финансовых затрат при условии обеспечения допустимого уровня безопасности.

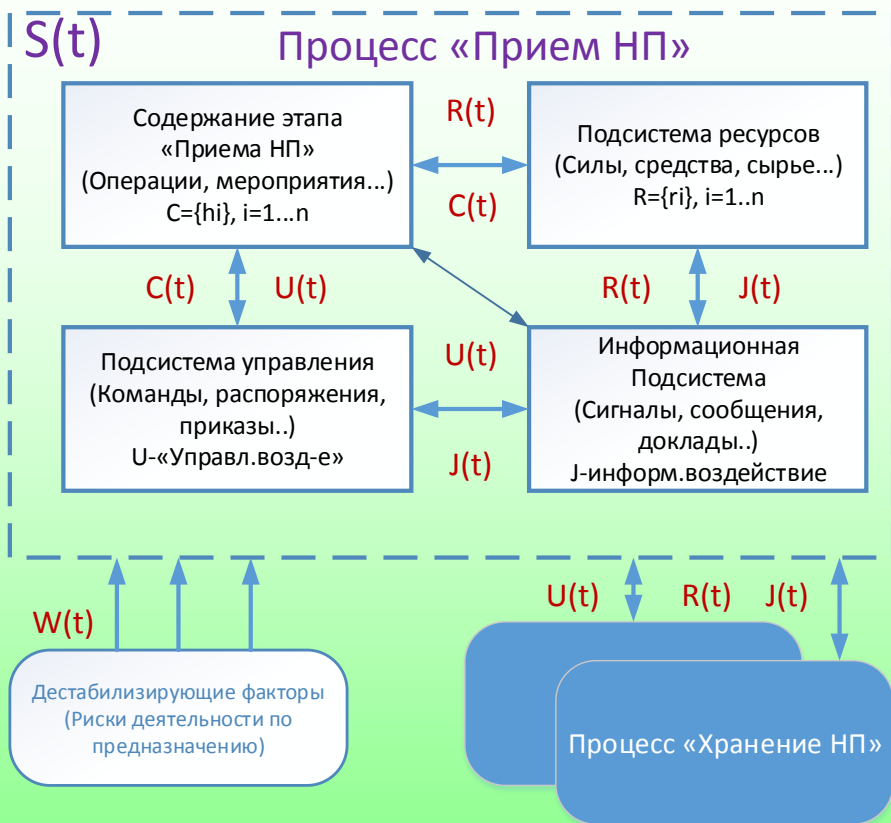
## Ранжированные списки рекомендаций

№ п/п	по P <sub>ф</sub>	по P <sub>а</sub>	обеспечения максимальной безопасности	обеспечения минимальных финансовых затрат	обеспечения минимальных финансовых затрат при допустимом уровне безопасности
1	Рекомендация 5	Рекомендация 6	Рекомендация 5	Рекомендация 5	Рекомендация 4
2	Рекомендация 6	Рекомендация 7	Рекомендация 4	Рекомендация 4	Рекомендация 5
3	Рекомендация 7	Рекомендация 8	Рекомендация 6	Рекомендация 6	Рекомендация 6
4	Рекомендация 3	Рекомендация 2	Рекомендация 7	Рекомендация 7	Рекомендация 7
5	Рекомендация 4	Рекомендация 1	Рекомендация 3	Рекомендация 3	Рекомендация 3
6	Рекомендация 1		Рекомендация 8	Рекомендация 8	Рекомендация 8
7	Рекомендация 8		Рекомендация 1	Рекомендация 1	Рекомендация 1
8			Рекомендация 2	Рекомендация 2	Рекомендация 2

# **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПО ПО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЮ**



# Формализованная постановка задачи на моделирование процесса деятельности по предназначению



1) Текущее состояние моделируемого процесса:

$$S(t) = \{ C(t), R(t), J(t), U(t), W(t) \} \quad (1)$$

2) Требуемое состояние – целевые функции процесса:

$$\begin{aligned} X \in \Omega_i &- \text{Обеспечение суточного слива НП} \\ Y \in \Omega_j &- \text{Сохранность качества НП} \\ Z \in \Omega_k &- \text{Выполнение нормативных сроков} \\ &\quad \text{операций и этапа прием НП} \end{aligned} \quad (2)$$

$\Omega_i, \Omega_j, \Omega_k$  – область допустимых состояний процесса

3) Возможные варианты плана реализации процесса:

$$L_i = \begin{bmatrix} h_i & \dots & h_n \\ t_i & \dots & t_n \\ r_i & \dots & r_n \\ p_i & \dots & p_n \end{bmatrix}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

где:  $h_i$  – комплекс мероприятий;  $L_i$  – план выполнения  $h_i$ ;  
 $t_i$  – время выполнения мероприятия;  
 $r_i$  – потраченный ресурс;  $p_i$  – результативность (вероятность) выполнения мероприятия.

4) Условия выбора наилучшего плана деятельности с учетом выделенного ресурса сил и средств:

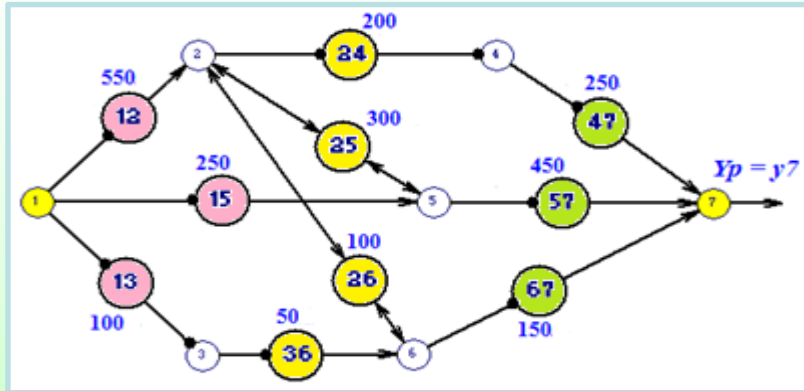
$$L_{opt} = L_{k0} : \tau_{k0} \min_k \{ \tau_k \}, \text{ при условии } \tau_{k0} < \tau_0, R_i = R_{уст}. \quad (4)$$

$$L_{opt} = L_{k0} : L_{k0} \in \{L_o\}, P_{k0} = \max_k \{ P_k \}, R_i = R_{уст}. \quad (5)$$

где:  $\tau_k$  – критический путь выполнения плана;  $\tau_0$  – нормативное время этапа прием НП;  
 $P_{k0}$  – результативность выполнения плана,  $R_i$  – текущий ресурс;  $R_{уст}$  – установленный ресурс.



## 1. Построение графа СФЦ



## 2. Преобразование СФЦ в систему логических уравнений

$$\begin{aligned}
 y_1 &= TRUE & y_{47} &= x_{47} \cdot y_4 \\
 y_2 &= y_{12} + y_{26} + y_{25} & y_{36} &= x_{36} \cdot y_3 \\
 y_3 &= y_{13} & y_{26} &= x_{26} \cdot (y_2 + y_6) \\
 y_4 &= y_{24} & y_{25} &= x_{25} \cdot (y_2 + y_5) \\
 y_5 &= y_{15} + y_{25} & y_{24} &= x_{24} \cdot y_2 \\
 y_6 &= y_{36} + y_{26} & y_{13} &= x_{13} \cdot y_1 \\
 y_7 &= y_{57} + y_{47} + y_{67} & y_{15} &= x_{15} \cdot y_1 \\
 y_{67} &= x_{67} \cdot y_6 & y_{12} &= x_{12} \cdot y_1 \\
 y_{57} &= x_{57} \cdot y_5
 \end{aligned}$$

## 3. Построение аналитической модели в форме сетевой ФАЛ

$$Y_c = y_7 = \begin{vmatrix} x_1 \cdot x_2 \cdot x_7 \\ x_1 \cdot x_3 \cdot x_7 \\ x_1 \cdot x_4 \cdot x_6 \cdot x_7 \\ x_1 \cdot x_5 \cdot x_6 \cdot x_7 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} L_1 & x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_7 \\ L_2 & x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_7 \\ L_3 & x_1 \rightarrow x_4 \rightarrow x_6 \rightarrow x_7 \\ L_4 & x_1 \rightarrow x_5 \rightarrow x_6 \rightarrow x_7 \end{vmatrix}$$

## 4. Процедура расчета показателей результативности:

### а) Сетевого плана

№ раб	Длит. раб. $t_i$	Ранние сроки		Поздние сроки		Резервы времени	
		начала $t_{P-H}(i)$	окончания $t_{P-O}(i)$	начала $t_{П-H}(i)$	окончания $t_{П-O}(i)$	полные $R_{П}(i)$	свободные $R_{C}(i)$
1	4	0	4	0	4	0	0
2	12	4	16	4	16	0	0
3	10	4	14	6	16	2	2
4	3	4	7	7	10	3	0
5	1	4	5	9	10	5	2
6	6	7	13	10	16	3	3
7	2	16	18	16	18	0	0

### б) Потокосетевой сети

$$\begin{aligned}
 12 \rightarrow 24 \rightarrow 47 & \quad (200 \text{ МБт}) \quad W(47) \\
 12 \rightarrow 25 \rightarrow 57 & \quad (300 \text{ МБт}) \quad W(57) \\
 15 \rightarrow 57 & \quad (150 \text{ МБт}) \\
 13 \rightarrow 36 \rightarrow 67 & \quad (50 \text{ МБт}) \\
 12 \rightarrow 26 \rightarrow 67 & \quad (50 \text{ МБт}) \quad W(67) \\
 W(47) &= 200 / 50 \text{ МБт} \\
 W(57) &= 450 / 0 \text{ МБт} \\
 W(67) &= 100 / 50 \text{ МБт} \\
 W_{\Sigma c} &= 200 + 450 + 100 = 750 < 800 \text{ МБт}
 \end{aligned}$$

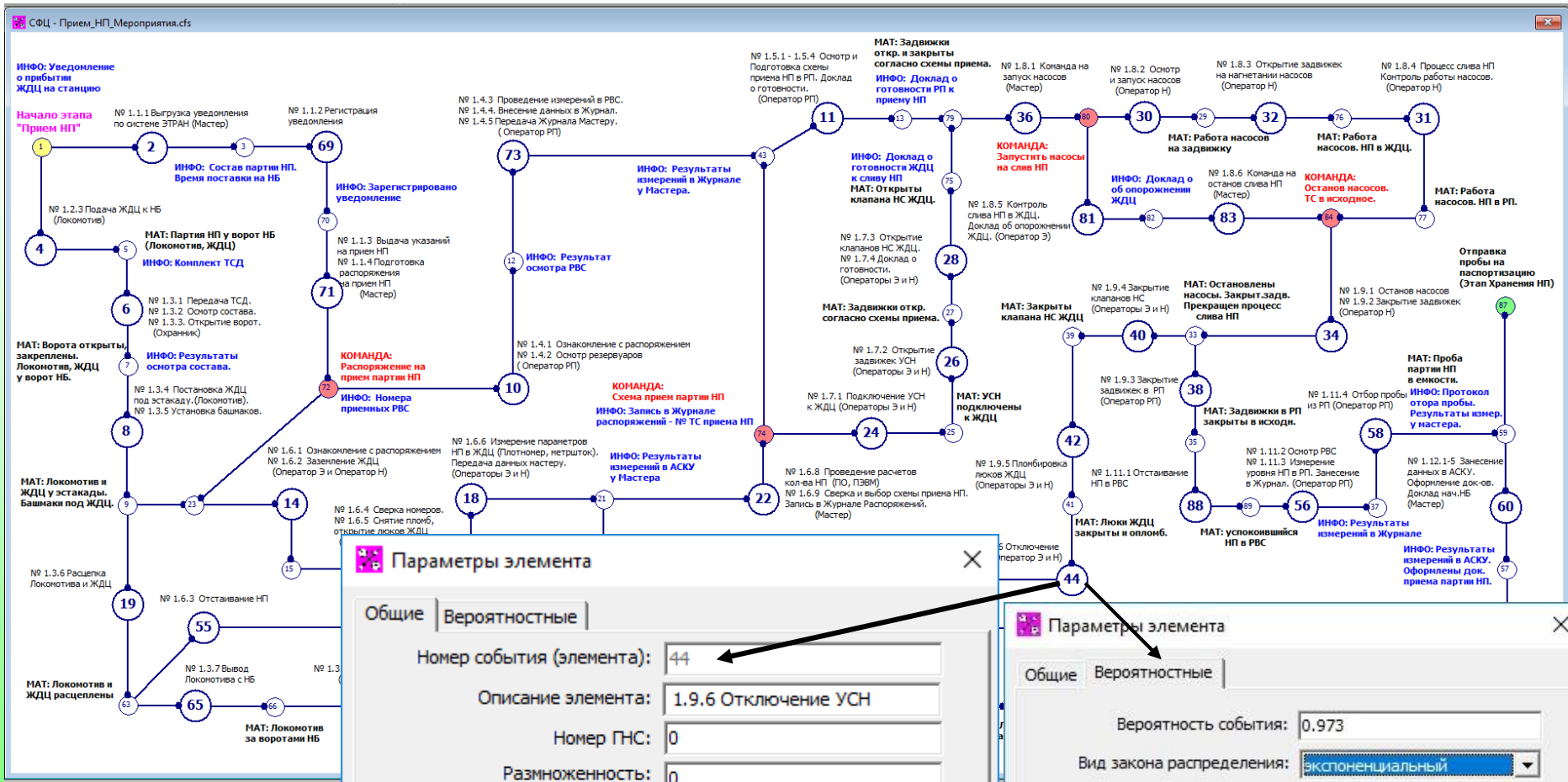
### в) Модели надежности и безопасности

$$\begin{aligned}
 \text{ВБР} &= 0,983055 \text{ (год)} \\
 \text{КГс} &= 0,994123 \text{ (год)} \\
 \text{РФБ} &= 0,964832 \text{ (год)} \\
 \text{МСО} &= 21 \text{ (конъюнкц)}
 \end{aligned}$$

## 5. Выдача вариантов МСО и сетевых планов

- СП № 1  
 $x_9 \cdot x_{10} \cdot x_{11} \cdot x_{12} \cdot x_{25} \cdot x_{24} \cdot x_{23} \cdot x_{26} \cdot x_{28} \cdot x_{32} \cdot x_{35} \cdot x_{36}$
- СП № 2  
 $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_{19} \cdot x_{17} \cdot x_{18} \cdot x_{21} \cdot x_{24} \cdot x_{23} \cdot x_{26} \cdot x_{28} \cdot x_{32} \cdot x_{35} \cdot x_{36}$
- СП № 3  
 $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \cdot x_{19} \cdot x_{17} \cdot x_{18} \cdot x_{21} \cdot x_{22} \cdot x_{23} \cdot x_{26} \cdot x_{28} \cdot x_{32} \cdot x_{35} \cdot x_{36}$
- СП № 4  
 $x_9 \cdot x_{10} \cdot x_{11} \cdot x_{12} \cdot x_{25} \cdot x_{24} \cdot x_{21} \cdot x_{22} \cdot x_{23} \cdot x_{26} \cdot x_{28} \cdot x_{32} \cdot x_{35} \cdot x_{36}$

# Логико-детерминированная модель деятельности склада нефтепродуктов по назначению



**Параметры элемента**

Общие | Вероятностные

Номер события (элемента): 44

Описание элемента: 1.9.6 Отключение УСН

Номер ГНС: 0

Размноженность: 0

№9: 2 (тип вершины)

№10: 2 (текущий поток)

№11: 50 (время, мин)

№12: 5 (максимальный поток)

Ok Отмена

**Параметры элемента**

Общие | Вероятностные

Вероятность события: 0,973

Вид закона распределения: экспоненциальный

Ср. наработка до отказа (год): 0

Ср. время восстановления (час): -1

Время работы элемента (час): -1

Кратность: 1

Ok Отмена

- 1 - Функциональн
- 2 - Фиктивная вер

# Результаты расчета показателей результативности деятельности склада по предназначению

Системный показатель результативности сетевого плана

**PR = 0,6356059**

Диаграмма значимости мероприятий

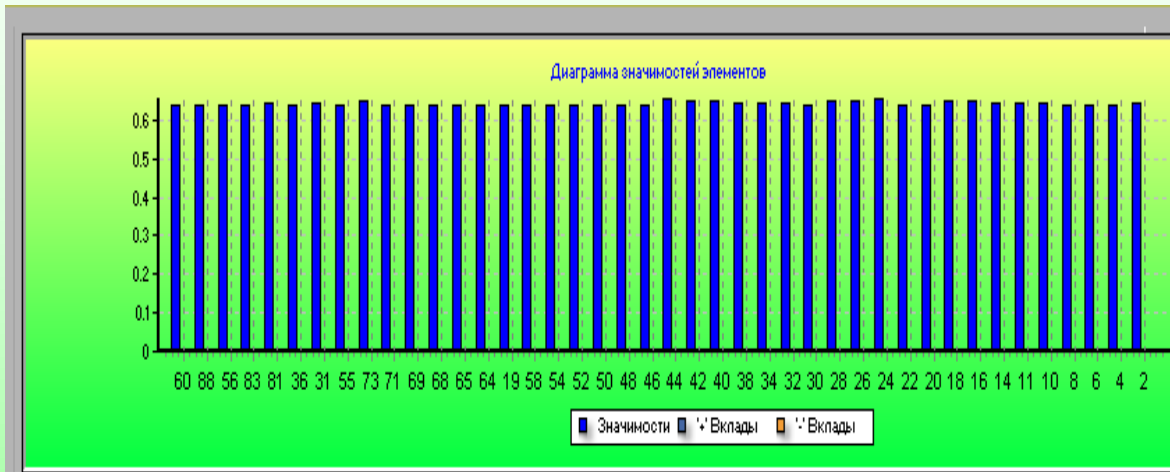
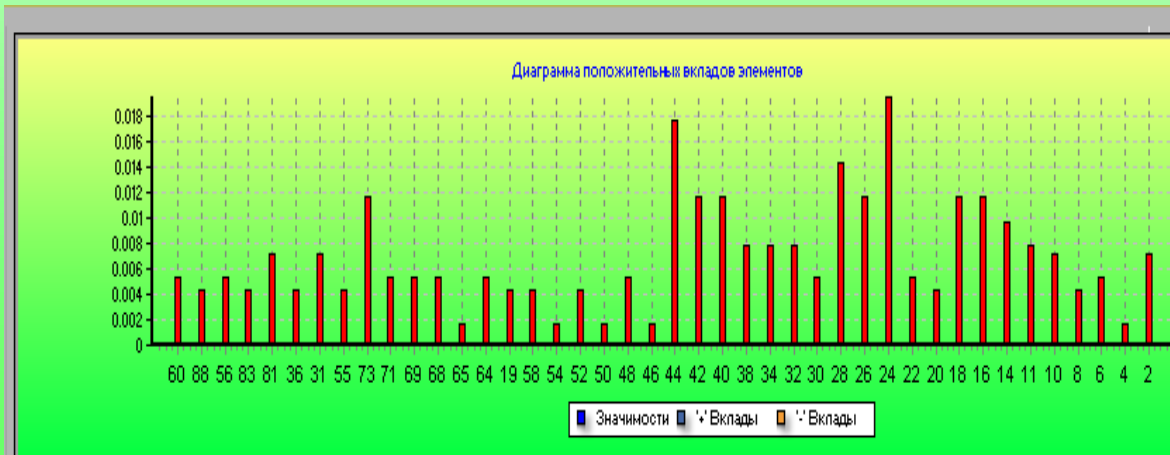


Диаграмма положительных вкладов



**«Слабые места»  
процесса «Прием НП»**

№1.7.1 – Подключение  
УСН к ЖДЦ (вершина 24)

№1.9.6 – Отключение  
УСН от ЖДЦ (вершина 44)

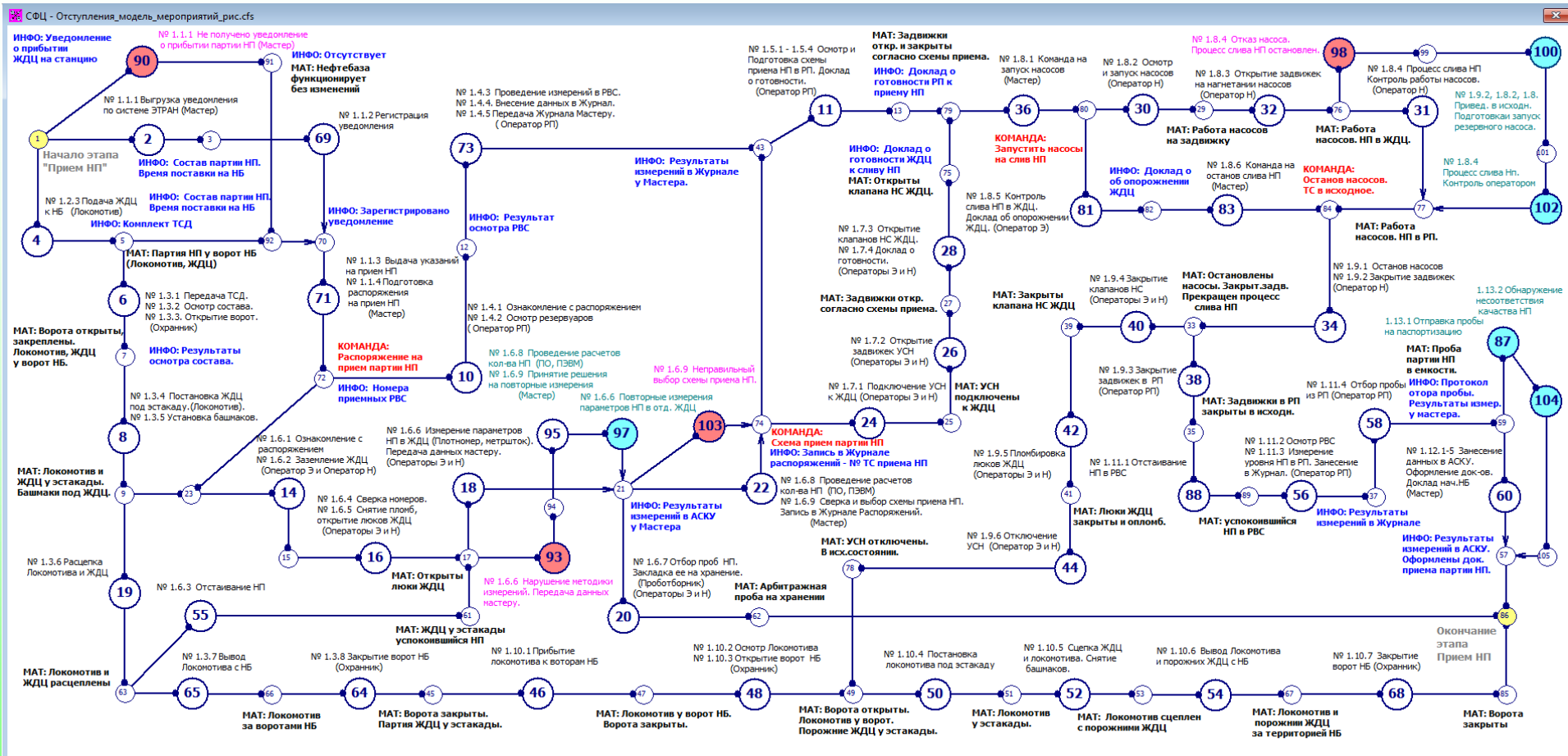
№1.7.3 – Открытие  
клапанов нижнего слива  
ЖДЦ (вершина 28)

№1.4.3 – Проведение  
измерений уровня НП в  
РВС (вершина 73)

№1.9.4 – Пломбировка  
люков ЖДЦ (вершина 42)



# Логико-детерминированная модель деятельности склада нефтепродуктов с учетом выявленных отклонений



- 1** - Регламентированное мероприятие
- 2** - Отклонение от регламентированных действий
- 3** - Компенсирующее мероприятие

**Тип, номер и формулировка отклонений**

**ИНФО:** № 1.1.1 - Неполучение уведомления о прибытии партии НП

**ЧЕЛ:** № 1.6.6 - Нарушение методики измерения параметров НП

**МАТ:** № 1.8.4 - Останов насоса в процессе слива НП

**УПР:** № 1.6.9 - Неправильный выбор схемы приема НП



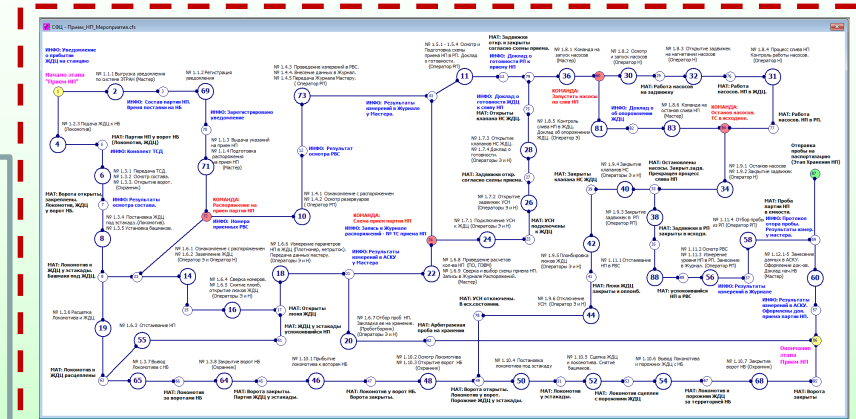
# Перспективы развития технологии «ЛВДМ»

Основа для процесса принятия обоснованного решения по управлению деятельностью ОПО

Логико-детерминированная модель деятельности



1. Оценить длительность и результативность процесса.
2. Распределять время, ресурсы, исполнителей между операциями и мероприятиями.
3. Осуществлять планирование производственной деятельности (строить сетевые-графики).
4. Устанавливать требования к управлению и контроль деятельности.
5. Разрабатывать регламенты, инструкции, стандартные операционные процедуры.
6. Прогнозировать изменение состояния производственной деятельности.



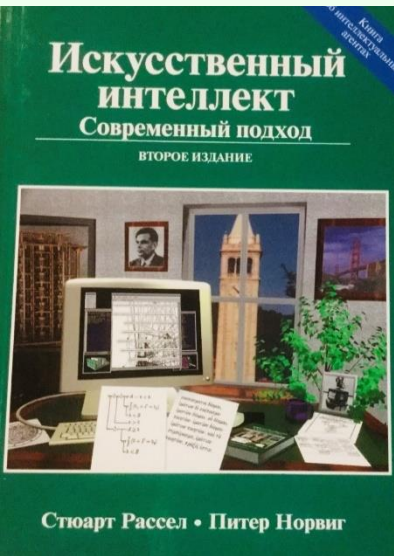
Количественные показатели:

1. Длительность критического пути.
2. Резерв времени сетевых путей.
3. Раннее (позднее) время начала и окончания выполнения мероприятий.
4. Свободный и полный резерв времени мероприятия.
5. Результативность операции (процесса).
6. Значимости и вкладов элементов в результативность.

# **РИСК**

Применения систем с искусственным  
интеллектом

Все определения СИИ можно классифицировать на следующие группы и категории «Системы, которые думают/действуют подобно людям/рационально»



«Искусство создания машин, которые выполняют функции, требующие интеллектуальности при их выполнении людьми» Kurzweil R. 1990 г.

«Автоматизация действий, которые мы ассоциируем с человеческим мышлением, таких действий, как принятие решений, решение задач, обучение ...» Bellman R.E. 1978 г.

## **Система управления обеспечением безопасности с элементами (технологией) искусственного интеллекта**

- Под системой управления с элементами (технологиями) искусственного интеллекта на данном этапе работы мы понимаем системы управления, в которых реализуются функции, которые, большинство исследователей, относят к искусственному интеллекту. Например,
- **Автоматизированное распознавание ситуации,**
- **Выработка рекомендаций для ЛПР и ОУ,**
- **Автоматическое/автоматизированное выполнение действий (включение системы оповещения, вентиляции, подготовка и отправка формализованных донесений...)**
- **Применение роботизированных средств различного назначения.**



# Потенциальные опасности внедрения систем искусственного интеллекта в деятельность объектов

## Группа потенциальных опасностей, **связанных с созданием СИИ:**

- Потенциальные опасности, связанные с возможной «непрозрачностью» алгоритмов, заложенных в системы ИИ,
- Потенциальные опасности, связанные с возможным не учетом существенной неопределенности, которая характерна для жизненных ситуаций,
- Отсутствие учета в полном объеме динамики изменения ситуации при выработке рекомендаций СИИ,
- Изменение алгоритмов функционирования СИИ в результате неконтролируемого процесса «обучения» этих систем.
- ....



## Потенциальные опасности внедрения систем искусственного интеллекта в деятельность объектов

- **Группа потенциальных опасностей, связанных с функционированием системы:**
- Потенциальная опасность самостоятельного выбора СИИ «ЦЕЛИ» своей деятельности, которая может не совпадать с тем, что необходимо для достижения требуемой результативности производственного процесса,
- Потенциальная опасность «непрозрачности» результатов обучения СИИ,
- Возникновение аварийных ситуаций из области «НЕЗНАНИЯ», те которые не были заложены в алгоритмы функционирования СИИ,
- Увеличение зон «безответственности» персонала за безаварийное функционирование технологического процесса.

# Потенциальные опасности внедрения систем искусственного интеллекта в деятельность объектов

## Группа потенциальных опасностей, **связанных с внешним воздействием на системы ИИ:**

- Потенциальная опасность преднамеренных внешних воздействий,
- Потенциальная опасность не преднамеренных внешних воздействий,
- Опасность изменения внешних условий функционирования ОПО (изменение содержания, периодичности и объективности внешней информации, к примеру метеоинформации, изменение целей функционирования ...),
- ....



Общество с ограниченной ответственностью  
«Научно-технический центр «Технологии и безопасности»  
ООО «НТЦ «ТБ»

***Спасибо за внимание!***