

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)

# МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР

по проблемам управления в технических системах  
имени А.А. Вавилова

VAVILOVSCHOOL.ETU.RU



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

---

Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

---

**Молодежная школа-семинар  
по проблемам управления в технических  
системах имени А. А. Вавилова**

23 октября, 2020

Санкт-Петербург  
2020

УДК 681.5(08)

Библиографическое  
описание

Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова. Ежегод. журн. / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Электрон. журн. – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. – Режим доступа к журн.: –[https://vavilovschool.etu.ru/assets/files/2020/sbornik\\_2020.pdf](https://vavilovschool.etu.ru/assets/files/2020/sbornik_2020.pdf) – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-7629-2767-3

## Содержание

<i>Современные тенденции развития BPMS</i>	
Аверкиев В.Е. ....	3
<i>Применение пакета FDS для моделирования и исследования процессов горения сжиженного природного газа на судах</i>	
Афанасьев П.М. ....	4
<i>Обзор VR/AR технологий и эффекты от их развития в РФ</i>	
Денисова Т.С., Осипов А.А. ....	8
<i>Достоинства гибкой методологии «Scrum»</i>	
Дубровин Е.О. ....	11
<i>Сравнительный анализ проектного и процессного менеджмента</i>	
Икрамов Н.Р. ....	12
<i>Оптимизация ИТ-процессов на примере ООО «Газпром переработка» с помощью процессного подхода</i>	
Черняева О.Ю., Лосева Д.М. ....	14
<i>Использование Марковских моделей для анализа рисков ИТ-проектов</i>	
Марущак Ю. ....	18
<i>Армирование простого симметричного тела при заданной нагрузке</i>	
Поляков В.А. ....	20
<i>Исследование управляемых процессов в испарителе при регенерации диэтиленгликоля</i>	
Сербилатьева М.В. ....	24
<i>Исследование методов классификации в программе Orange</i>	
Юсупов Н., Савельева А., Леонова О.Г. ....	27
<i>Нахождение скрытых зависимостей в данных для улучшения качества классификации</i>	
Лончина А.Е., Юсупов Н., Леонова О.Г. ....	30
<i>Реализация нейронной сети для прогнозирования температуры</i>	
Юсупов Н., Савельева А. ....	33
<i>Исследование методов кластеризации в программе Orange</i>	
Юсупов Н. ....	35

ISBN 978-5-7629-2767-3

© СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020

# Современные тенденции развития BPMS

В. Е. Аверкиев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
vadim.averkiev@mail.ru

**Аннотация.** В статье описываются основные тенденции в развитии BPMS для возможности легкой трансформации под конкретные требования бизнеса. В статье описаны ключевые концепции (low-code, роботизации, бесшовная интеграция и адаптивный кейс-менеджмент), позволяющие компании в формализации своих процессов для достижения стратегических целей с учетом изменяющихся условий внешней среды.

**Ключевые слова:** BPMS платформы; low-code; адаптивный кейс-менеджмент; роботизация; бизнес-пользователь

BPMS платформы стали частью IT-архитектуры любой компании. Основная цель внедрения BPMS платформы заключается в сокращении операционных расходов и внедрении процессной методологии управления всем предприятием, начиная от производства и заканчивая работой с кадровыми ресурсами. [2]

Однако в настоящее время роль BPMS платформ стала заключаться в возможности быстро переориентировать компанию в ответ на быстрое изменение внешней среды. В настоящее время можно выделить следующие тенденции развития BPMS платформ:

## 1. Концепция low-code

Данная концепция позволяет бизнесу без помощи программистов вносить изменения в текущие бизнес-процессы. В low-code системах реализован удобный и простой для разработки интерфейс. Ключевое преимущество данной концепции состоит в том, что любая идея по трансформации бизнес-процесса проходит ускоренную процедуру «переноса» от идеи на бумаге в реально работающий бизнес-процесс. [1] Основная работа заключается в модификации визуальных элементов, которые уже заполнены необходимым функционалом (обычно разработчики наполняют решения готовыми темплейтами различных бизнес-процессов). При этом основная работа заказчиков сводится к концепции «drag and drop».

## 2. Бесшовная интеграция с любыми системами

На данный момент BPMS платформы ориентированы под множества языков программирования. Многие BPMS платформы осуществляют поддержку сервисов: REST, SOAP, ODATA, внешние источники данных, сторонние native dll, COM-коннектор, работа с файловой системой, HTTP(S), FTP и т. д.

## 3. Роботизация процессов

BPMS позволяют выстраивать такую логику процессов, что любое монотонное повторяющееся событие можно назначить на программных роботов. Данная технология позволяет сократить временные лаги в работе процессов, снизить операционные расходы (за счет замены человеческого ресурса на постоянно повторяющихся этапах бизнес-процесса). [3]

Полностью автоматизированный бизнес-процесс снижает возможность возникновения ошибок. При этом любой бизнес-пользователь с достаточным набором прав может легко настроить роботизацию процесса (при необходимости может внести корректировки для реагирования на изменения деятельности компании).

Данная технология позволяет до минимума сократить участие команды разработки для поддержки корректной работы IT-систем компании заказчика. Концепции роботизации и low-code способны дать синергетический эффект, что в свою очередь способно повысить управляемость бизнес-процессами внутри компании

К концепции роботизации бизнес-процессов также относится искусственный интеллект, который позволяет автоматизировать бизнес-процессы на основе анализа больших объемов данных за минимальное количество времени.

## 4. Адаптивный кейс-менеджмент

Является подходом, при котором каждый бизнес-процесс используется как отдельный кейс. Данный подход позволяет реагировать на внешние изменения, используя лучшие практики менеджмента. [4]

Для большинства компаний перечисленные выше тенденции в отрасли BPM будут означать необходимость корректировки своей цифровизации в сторону формализации всех процессов. Адаптивный кейс-менеджмент, автоматизация сквозных бизнес-процессов, средства аналитики и моделирования позволят компании реагировать на все изменения и осуществлять процесс формализации процессов «на лету», не останавливая бизнес, не внося изменений в архитектуру ИС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Глухова Т.В., Данилова П.А. Современные тенденции развития систем управления бизнес-процессами // Огарёв-Online. 2019. №7.
- [2] Глухова Т.В. Способы и средства моделирования бизнес-процессов предприятия // Мир науки и образования. 2018. № 3.

# Применение пакета FDS для моделирования и исследования процессов горения сжиженного природного газа на судах

П. М. Афанасьев

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова  
paulafanasiev@gmail.com

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования, направленного на моделирования процессов горения топлива разной природы. В статье рассмотрена возможность совместного моделирования газификации жидкого горючего и турбулентного газозафазного горения в FDS. Приведена математическая модель и результаты расчёта характеристик горения.

**Ключевые слова:** моделирование; топливо; горение; компьютерное моделирование; программа FDS

## I. ВВЕДЕНИЕ

Количественное прогнозирование скорости выгорания топлива и мощности тепловыделения в пламени представляет важную задачу моделирования динамики пожара. Модернизация энергетических установок [1, 2, 3] и растущее применение альтернативных видов моторного топлива, среди которых наиболее перспективным является природный газ, делает такие исследования ещё более актуальными [4]. Горение разливов жидких топлив являются объектом интенсивных исследований на протяжении нескольких десятилетий [4, 5, 6]. Для современных методов численного моделирования горения над поверхностью жидких топлив характерно раздельное моделирование процессов в газовой фазе и в жидкости, в рамках которого для расчёта газозафазного горения используется заранее заданная скорость испарения горючего. Совместное рассмотрение процессов в турбулентном газовом пламени и в жидком топливе остаётся нерешённой задачей.

Известно, что FDS, разрабатываемый National Institute of Standard and Technology (NIST), является CFD моделью развития пожара и представляет собой полевую гидродинамическую модель тепломассопереноса при горении. FDS численно решает уравнения Навье-Стокса в приближении малых чисел Маха, термически движимых потоков с уделением особого внимания дыму и тепловым потокам. Модель представляет собой систему уравнений в частных производных, включающую уравнение

сохранения массы, момента и энергии, и решается на трехмерной регулярной сетке. Тепловое излучение рассчитывается методом конечных объемов на этой же сетке. Для моделирования движения дыма, спринклеров и распыла топлива используются частицы Лагранжа. Основной целью FDS на протяжении своего развития было решение прикладных задач пожаробезопасности и в тоже время обеспечение инструментом для изучения фундаментальных процессов при пожаре [5].

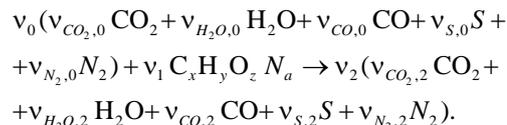
## II. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ

В FDS исходные вещества объединены в реагирующие группы и рассматривается топливо, воздух и продукты, как смешанные вещества. В простейших углеводородных реакциях, реагентами являются топливо, кислород, азот, продуктами являются диоксид углерода, водяной пар, и азот. Получение массовых долей веществ, входящих в смешанное вещество производится следующим образом:  $Y = AZ$ , где  $Z$  – массовые доли,  $A$  – это матрица преобразования. Каждый столбец этой матрицы представляет собой разные смешанные вещества. Элементы матрицы  $A$ :

$$a_{\alpha i} = (v_{\alpha i} W_{\alpha}) / \sum_{\beta} v_{\beta i} W_{\beta},$$

где  $V_{\alpha i}$  – это объемная доля вещества  $\alpha$  в смешанном веществе  $i$ ;  $W_{\alpha}$  – это молекулярный вес.

Уравнение реакции:



Здесь стехиометрические коэффициенты для смешанных веществ представлены в виде  $v_i$ .

Для нахождения стехиометрических коэффициентов оксида углерода и сажи в продуктах:

$$v_2 v_{CO_2,2} = -v_1 (W_1/W_{CO}) y_{CO}, \quad v_2 v_{s,2} = -v_1 (W_1/W_{CO}) y_s.$$

Остальные коэффициенты находятся из атомного баланса. Используется приближение бесконечно быстрой реакции, источниковый член для топлива моделируется при использовании концепции дробления вихрей (EDC) представленной в трудах Магнуссена и Хьертагера [5]:

$$\dot{m}_F'' = -\rho(\min(Z_F, Z_A/s)/t_{mix}).$$

Здесь  $Z_F$  и  $Z_A$  – массовые доли топлива и воздуха, соответственно, и  $s$  – это массовый стехиометрический коэффициент для воздуха;  $t_{mix}$  – это масштаб времени смешения:

$$t_{mix} = \min(t_u, t_g, t_d), \quad t_d = \Delta^2/D_F, \quad t_u = C_u \Delta / \sqrt{\frac{2}{3}} k_{sgs},$$

$$t_g = \sqrt{2\Delta/g},$$

где  $D_F$  – это коэффициент диффузии топлива, адвективная временная константа задана  $C_u = 0,4$ ,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Скорость выделения тепла на единицу объема определяется путем суммирования скорости массового производства дискретных веществ на время их теплоты образования

$$\dot{q}'' = -\sum_{\alpha} \dot{m}_{\alpha}'' \Delta h_{f,\alpha}.$$

#### Моделирование теплового излучения

При горении значительная часть тепла передается за счет излучения, поэтому расчёт теплового излучения является важной задачей при моделировании пожаров [5].

В основе лежит уравнение переноса излучения, описывающее собственное излучение, поглощение и рассеяние излучения:

$$s \cdot \nabla I_{\lambda}(x, s) = -[k(x, \lambda) + \sigma_s(x, \lambda)] I_{\lambda}(x, s) + B(x, \lambda) + \sigma_s(x, \lambda) / 4\pi \int_{4\pi} \Phi(s, s') I_{\lambda}(x, s') ds',$$

где  $I_{\lambda}(x, s)$  – интенсивность излучения при длине волны  $\lambda$ ,  $s$  – вектор направления распространения излучения,  $\sigma_s(x, \lambda)$  и  $k(x, \lambda)$  – локальные коэффициенты рассеяния и поглощения соответственно,  $B(x, \lambda)$  – источниковый член, описывающий сколько теплоты будет излучено локальной смесью газа, сажи и капель/частиц.

Спектральная зависимость уравнения переноса излучения упрощается. Спектр излучения делится на небольшое количество полос, для каждой из которых решается уравнение переноса:

$$s \cdot \nabla I_n(x, s) = B_n(x, \lambda) - k_n(x) I_n(x, s), \quad n = 1 \dots N,$$

где  $I_n$  – интенсивность, интегрированная по полосе  $n$ , и  $k_n$  обозначает усредненный коэффициент поглощения для

этой полосы. Когда интенсивности каждой полосы известны, общая интенсивность находится суммированием

$$I(x, s) = \sum_{n=1}^N I_n(x, s).$$

Источниковый член для полосы  $n$  записывается в виде:

$$B_n(x, \lambda) = k_n(x) I_{b,n}(x),$$

где  $I_{b,n}(x)$  – это излучения абсолютно черного тела при температуре  $T(x)$ :

$$I_{b,n}(x) = \frac{F_n(\lambda_{min}, \lambda_{max}) \sigma T(x)^4}{\pi}.$$

Даже если выбрать достаточно малое число полос, решение множества уравнений переноса требует больших временных затрат. Для большинства крупномасштабных сценариев сажа имеет наибольшее влияние на излучение от пламени и горячего дыма. Согласно тому, что ее излучение имеет гладкий спектр, возможно использовать приближение серого газа.

$$I_{b,n}(x) = \frac{\sigma T(x)^4}{\pi}.$$

Для оптически тонкого пламени, когда выделение сажи мало в сравнении с выделением  $CO_2$  и паров воды, приближение серого газа может привести к завышенным значениям излученного потока. Из серии численных экспериментов использующих метан в качестве топлива получено, что деление на 6–9 полос даёт достаточно точное представление для спектральных свойств излучения топлива,  $CO_2$ , и паров воды [5].

Вектор лучистого потока:

$$\dot{q}_r''(x) = \int_{4\pi} s' I(x, s') ds'.$$

Вклад газовой фазы в член, учитывающий потери:

$$-\nabla \cdot \dot{q}_r''(x)_{gas} = k(x)[U(x) - 4\pi I_b(x)];$$

$$U(x) = \int_{4\pi} I(x, s') ds'.$$

Для  $N$  полос:

$$-\nabla \cdot \dot{q}_r''(x)_{gas} = \sum_{n=1}^N k(x) U_n(x) - 4\pi B_n(x);$$

$$U_n(x) = \int_{4\pi} I(x, s') ds'.$$

В расчётах при ограниченном пространственном разрешении, основной элемент  $I_b$  требует

дополнительного уточнения в области пламени. Обычно расчёты в FDS используют ячейки размером порядка десяти сантиметров, и следовательно расчётные температуры представляют собой среднее для данной ячейки и представляются заметно меньшими, чем максимальная температура в пламени, а источниковый член зависит от ее четвертой степени, поэтому введена поправка. Принято считать областью пламени такую область, где локальное тепловыделение не равно нулю. В этой области:

$$I_{b,f}(x) = C \frac{\sigma T(x)^4}{\pi};$$

$$C = \max \left[ 1, \frac{\sum_{q_{i,j,k}''' > 0} (\chi_r q_{i,j,k}''' + k_{ijk} U_{ijk}) dV}{\sum_{q_{i,j,k}''' > 0} (4k_{ijk} \sigma T_{ijk}^4) dV} \right].$$

где  $\chi_r$  – доля излучения.

Получение дискретной формы уравнений переноса излучения производится делением телесного угла на конечное количество углов. Дискретизация телесного угла производится делением полярного угла,  $\theta$ , на  $N_\theta$  направлений, где  $N_\theta$  натуральное число. Каждое из направлений делится на  $N_\varphi(\theta)$  частей в азимутальном направлении, причем число  $N_\varphi(\theta)$  является кратным 4. Числа  $N_\varphi(\theta)$  и  $N_\theta$  выбраны так, чтобы общее число углов  $N_\Omega$  было близко к значению, заданному пользователем.

$N_\Omega$  рассчитывается следующим образом:

$$N_\Omega = \sum_{i=1}^{N_\theta} N_\varphi(\theta_i).$$

Распределение углов основано на эмпирическом правиле:  $N_\theta = 1.17 N_\Omega^{1/2.26}$ . Количество  $\theta$  направлений округляется к ближайшему целому числу.

Количество  $\varphi$  углов для каждого направления:

$$N_\varphi(\theta) = \max\{4, 0.5 N_\Omega [\cos(\theta^-) - \cos(\theta^+)]\}.$$

Значение, которого, округленно к ближайшему целому числу, кратному 4.

Уравнение переноса излучения в газовой фазе решается при помощи метода контрольных объемов [24]. Оно разбивается на уравнения для отдельных спектральных полос, затем сфера, ограничивающая единичный объем, разбивается на конечное число угловых направлений, как описано выше. В каждой ячейке сетки уравнение переноса интегрируется по объему ячейки с номером  $ijk$  и контрольному углу  $\delta\Omega^l$ . Объемный интеграл заменяется на интеграл по поверхности ячейки при помощи теоремы Гаусса–Остроградского. Предполагая интенсивность излучения одинаковой на каждой из поверхностей рассматриваемой ячейки, поверхностный интеграл может быть аппроксимирован суммой по всем поверхностям ячейки. Принимая в дальнейшем интенсивность излучения

постоянной по всему объёму  $V_{ijk}$  и внутри угла  $\delta\Omega^l$ , получаем:

$$\sum_{m=1}^6 A_m I_m^l \int_{\Omega^l} (s' \cdot n_m) ds' =$$

$$= k_{ijk} [I_{b,ijk}(x') - I_{ijk}^l(x', s')] V_{ijk} \delta\Omega^l$$

где  $I_{ijk}^l$  – интенсивность излучения в направлении  $l$ ,  $I_m^l$  – интенсивность излучения на  $m$ -й грани ячейки,  $I_{b,ijk}$  – интенсивность излучения абсолютно черного тела внутри ячейки,  $\Omega^l$  – телесный угол, соответствующий направлению  $l$ ,  $V_{ijk}$  – объем ячейки с номером  $ijk$ ,  $A_m$  – площадь  $m$ -й грани ячейки,  $n_m$  – единичный вектор нормали к  $m$ -й грани ячейки [5].

В декартовых координатах нормали  $n_m$  являются базисом системы координат и интеграл по телесному углу не зависят от физической координаты, а лишь от направления. Обозначим такие интегралы, как:

$$D_m^l = \int_{\Omega^l} (s' \cdot n_m) ds'$$

Тогда уравнение имеет вид:

$$\sum_{m=1}^6 A_m I_m^l D_m^l =$$

$$= k_{ijk} [I_{b,ijk}(x') - I_{ijk}^l(x', s')] V_{ijk} \delta\Omega^l.$$

Интенсивности на поверхностях ячейки рассчитываются при помощи противопоточной схемы первого порядка. Как только прогонка по потоку произведена, противопоточные интенсивности известны, и интенсивность  $I_{ijk}^l$  может быть найдена напрямую из алгебраического уравнения. Итерации необходимы лишь, если эффекты отражения или рассеяния играют большую роль.

#### Модель теплопереноса в жидкости

Теплоперенос в жидкости рассчитывается при помощи одномерного уравнения теплопроводности без учёта конвекции в приближении термически толстого слоя. Ось  $x$  направлена по направлению от поверхности жидкости вглубь её (точка с координатой  $x=0$  представляет собой поверхность):  $\rho_s c_s \frac{\partial T_s}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( k_s \frac{\partial T_s}{\partial x} \right) + \dot{q}_s''', \dot{q}_s'''$  включает в себя теплоты от поглощённого излучения и химических реакций:  $\dot{q}_s'''' = \dot{q}_{s,c}'''' + \dot{q}_{s,r}''''$ .

Граничное условие на поверхности:

$$-k_s \frac{\partial T_s}{\partial x}(0, t) = \dot{q}_c'' + \dot{q}_r''$$

где  $\dot{q}_c''$  – конвективная составляющая,  $\dot{q}_r''$  – радиационная.

На подложке может быть задано одно из двух возможных граничных условий: 1 – если задняя поверхность считается открытой, задается такое же, как и для лицевой поверхности, или 2 – если подложка полностью теплоизолирована – условие адиабатичности:

$$k_s \frac{\partial T_s}{\partial x} = 0.$$

### Испарение топлива

Тепловой поток, получаемый поверхностью жидкости состоит из радиационного и конвективного:

$$\dot{q}_{net}'' = \dot{q}_{rad}'' + \dot{q}_{conv}''$$

где конвективный:  $\dot{q}_{conv}'' = h(T_g - T_w)$ .

В радиационном тепловом потоке уже учтено собственное излучение поверхности жидкости

$$\dot{q}_{rad}'' = \dot{q}_{rad,in}'' - \varepsilon \sigma T_w^4.$$

Он тратится на испарение и нагрев жидкости

$$\dot{q}_{net}'' = \dot{q}_{evap}'' + \dot{q}_T''$$

где  $\dot{q}_{evap}'' = \dot{m}'' * \Delta H_g$ , а скорость испарения жидкого топлива является функцией температуры жидкости и концентрации паров топлива над поверхностью резервуара. Согласно уравнению Клаузиуса–Клапейрона, объёмная доля паров топлива над поверхностью является функцией температуры кипения жидкости

$$X_{F,l} = \exp \left[ -\frac{h_v W_F}{R} \left( \frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_b} \right) \right],$$

где  $h_v$  – теплота парообразования,  $W_F$  – молекулярный вес топлива,  $T_s$  – это температура поверхности и  $T_b$  – это температура кипения топлива. Скорость испарения жидкого топлива определяется равенством [5]:

$$\dot{m}'' = h_m \frac{\bar{p}_m W_F}{RT_g} \ln \left( \frac{X_{F,g} - 1}{X_{F,l} - 1} \right); h_m = \frac{Sh D_{i,g}}{L},$$

где  $Sh = 0.037 Re^{4/5} Sc^{1/3}$ ;  $Sc = 0.6$ ;  $Re = \frac{\rho |u| L}{\mu}$ ,  $X_{F,g}$  – мольная доля пара в центре приповерхностной ячейки сетки,  $D_{i,g}$  – коэффициент диффузии пара,  $\bar{p}_m$  – давление,  $L$  – масштаб длины, принятый равным 1 м.

### III. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для совместного моделирования пиролиза жидкого горючего материала и турбулентного горения продуктов его газификации, в качестве сценария используются опыты, представленные в статье [6]. В результате проведённого исследования получено, что тепловыделение, полученное в результате проведённых расчётов, коррелирует с экспериментально измеренным для резервуаров размером от 0,1 до 0,3 м; для резервуаров

от 0,5 до 1 м расчётное тепловыделение значительно ниже экспериментального.

На рис. 1 представлена зависимость мощности тепловыделения для гептана, а для этанола – на рис. 2. Видно, что при больших диаметрах резервуаров тепловыделение сильно занижено.

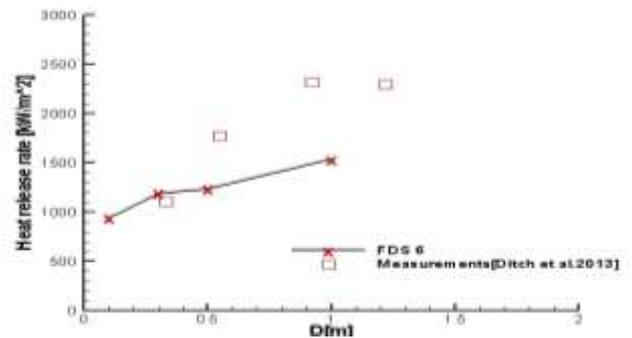


Рис. 1. Мощность тепловыделения для топлива Гептан ( $C_7H_{16}$ ):

$$\nabla H_g = 4930 \text{ кДж/кг}, \nabla H_c = 4,356 \cdot 10^4 \text{ кДж/кг}$$

При помощи FDS можно смоделировать: низкоскоростной перенос тепла и продуктов горения; лучистый и конвективный теплоперенос в газе и между твердыми телами; пиролиз; радиационный и конвективный теплообмен между газом и твёрдыми поверхностями; распространение пламени и рост очага пожара; спринклерные спреи и подавление пожара водой; спринклеры, детекторы тепла и дыма; низкоскоростные потоки жидкости и газа, которые необязательно включают в себя огонь или тепловые эффекты.

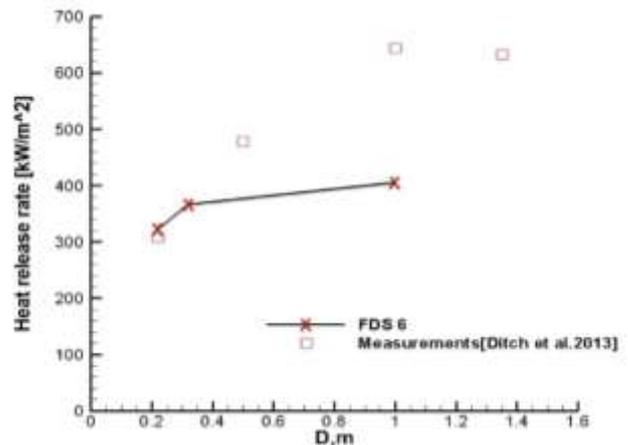


Рис. 2. Мощность тепловыделения для топлива Этанол ( $C_2H_5OH$ ):

$$\nabla H_g = 8800 \text{ кДж/кг}, \nabla H_c = 2,7 \cdot 10^4 \text{ кДж/кг}$$

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Жуков В.А., Безюков О.К., Ерофеев В.Л. Требования зарубежных классификационных обществ по безопасности использования газомоторного топлива // Транспортное дело России. 2018. № 5 (138). С. 144–148.

- [2] Афанасьев М.П. Тенденции развития судового дизелестроения // Научные исследования и разработки: сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа, 25 авг. 2015 / Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна". Уфа, 2015. С. 32–33.
- [3] Afanaseva O.V., Bezyukov O.K., Pervukhin D.A. Perspective technical solutions for the internal combustion engines cylinder piston group vibrations reduction // Innovation-Based Development of the Mineral Resources Sector: Challenges and Prospects: Proceedings of the 11th Russian-German Raw Materials Conference, November 7-8, 2018. Potsdam, Germany. 2019. P. 293–300.
- [4] Безюков О.К., Афанасьев П.М. Применение технологий численного моделирования динамики горения разливов жидких топлив при оценке безопасности // В сборнике: Актуальные проблемы защиты и безопасности. Труды XXII Всероссийской научно-практической конференции РАРАН. 2019. С. 119–124.
- [5] Снегирёв А.Ю., Талалов В.А. Теоретические основы пожаро- и взрывобезопасности. Горение перемешанных реагентов: уч. пособие. Санкт-Петербург, Изд-во Политехн. ун-та, 2008, 212 с.
- [6] Ditch B.D., de Ris J.L., Blanchat T.K. Pool fires – An empirical correlation // Combustion and Flame. 2013. 160. P. 2964–2974.

# Обзор VR/AR технологий и эффекты от их развития в РФ

Т. С. Денисова

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
tatyanatgk4@gmail.com

А. А. Осипов

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
osandre97@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассказывается о технологиях виртуальной и дополненной реальности. Рассматриваются такие аспекты, как история развития, оборудование, области применения каждой из технологий, а также их возможный вклад в экономическое развитие России.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность; дополненная реальность; VR; AR; наука; медицина; экономическое развитие РФ

## I. ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Виртуальная реальность – созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие.

Первое устройство виртуальной реальности появилось еще в 1938 году. Английский физик Чарльз Уитстон разработал очки, которые работают по принципу стереоскопического зрения – мозг «объединяет» двумерное изображение с каждого глаза в одно трёхмерное. Так он изобрёл стереоскоп, с помощью которого пользователи «погрузились» в изображение.

Кроме того, в первой половине XX века людей захватывали идеи о погружении в другие миры. Писатель-фантаст Стенли Вейнбаум написал рассказ «Очки Пигмалиона», где профессор Людвиг изобрёл устройство, с помощью которого можно погрузиться в вымышленный мир. Французский писатель Антонен Арто впервые использовал фразу «виртуальная реальность» в сборнике эссе «Театр и его двойник».

Первые устройства виртуальной реальности, более-менее похожие на современные стали появляться во второй половине XX века.

Кинематографист Мортон Хайлиг изобрёл сенсораму (устройство запатентовали в 1962 году) – первый в мире виртуальный симулятор. Он представляет собой театральную кабину, которая стимулирует все чувства, а не только зрение и слух.

Следующим этапом развития технологии принято считать 1974 год, когда компьютерный специалист Майрон Крюгер разработал лабораторию искусственной реальности Videoplase. Она представляла из себя несколько связанных по сети комнат, в каждой из которых находился большой экран с расположенным позади него видеопроектором. Когда человек заходил в комнату, он видел на экране своё изображение в виде примитивного силуэта, а также подобные силуэты людей в остальных комнатах.

С развитием технологий устройства виртуальной реальности стали изготавливать для более важных практических целей.

В 1982 году Томас Фернесс представил системы Super Cockpit или VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator) для обучения пилотов ВВС США. С 1960-х годов он работал над визуальными дисплеями и инструментами в кабинах. А к концу 1970-х начал разработку виртуальных интерфейсов для управления полётом. [1]

Области применения виртуальной реальности:

- Обучение

VR используется для моделирования среды тренировок в тех занятиях, в которых необходима предварительная подготовка: например, управление самолетом, прыжки с парашютом и даже операции на мозге.

- Наука

VR позволяет улучшить и ускорить исследование молекулярного и атомного мира: погружаясь в виртуальную среду, ученый может обращаться с частицами так, будто это кубики LEGO.

- Медицина

Кроме помощи в обучении хирургов, технология VR оказывается полезной и на самих операциях: врач, используя специальное оборудование, может управлять движениями робота, получая при этом возможность лучше контролировать процесс.

- Промышленный дизайн и архитектура

Вместо того, чтобы строить дорогостоящие модели машин, самолетов или зданий, можно создать виртуальную модель, позволяющую не только исследовать проект изнутри, но и проводить тестирование его технических характеристик.

- Игры и развлечения

На данный момент это самая известная и самая широкая область использования VR: сюда входят как игры, так и кино, виртуальный туризм и посещение различных мероприятий. [2]

## II. ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Дополненная реальность – это среда, в реальном времени дополняющая физический мир, каким мы его видим, цифровыми данными с помощью каких-либо устройств – планшетов, смартфонов и программной части. Например, Google Glass или шлем Железного Человека, системы прицеливания в современных боевых самолетах – это тоже дополненная реальность.

То есть, виртуальная реальность создает свой мир, куда может погрузиться человек, а дополненная добавляет виртуальные элементы в мир реальный. Выходит, что VR взаимодействует лишь с пользователями, а AR – со всем внешним миром.

Дополненная реальность шла рука об руку с виртуальной вплоть до 1990 года, когда учёный Том Коделл впервые предложил термин «дополненная реальность». В 1992 году Льюис Розенберг разработал одну из самых ранних функционирующих систем дополненной реальности для ВВС США. Экзоскелет Розенберга позволял военным виртуально управлять машинами, находясь в удалённом центре управления.

Применение дополненной реальности в наши дни:

- Военные технологии

Системы наведения в боевых истребителях, дронах и танках для армии – это сегодня дело обычное, т. к. именно из ранних систем дополненной реальности для летчиков и росли другие военные проекты в этой области.

В американской армии уже сегодня используется система HUD 1.0: сильно усовершенствованный прибор ночного видения, который также выполняет функции тепловизора и проецирует в монокуляр на шлеме целеуказатель, показывающий, куда попадет пуля при текущем положении ствола.

- Медицина

Одной из сфер, где дополненная реальность может найти активное применение, является медицина и здравоохранение.

MITK pille – мобильное медицинское AR-приложение для iPad.

Данное приложение предназначено для хирургов. Оно позволяет прямо во время операции «заглянуть» в тело пациента. Программу разработал исследовательский центр рака в Германии.

LearnAR – образование с помощью дополненной реальности. [3]

LearnAR – это интерактивный образовательный инструмент с использованием дополненной реальности для студентов-медиков. С помощью веб-камеры студент может словно рассматривать свои собственные внутренности.

- Компьютерные игры

В современном мире игры дополненной реальности получили широкое распространение на гаджетах, а также на игровых консолях. К середине 2016 года получила широчайшее распространение по миру и серьёзный общественный резонанс гаджетовая глобальная многопользовательская игра Pokémon Go для интерактивной ловли покемонов в виртуально дополненном реальном мире – на реальных объектах по всей территории планеты.

- Геолокация и туризм

Благодаря встроенному навигатору, использование дополненной реальности позволит быстро проложить маршрут, сориентироваться на местности или просто прочесть информацию о достопримечательности. При этом стоит просто навести гаджет на объект, чтобы получить о нем сведения.

## III. ЭФФЕКТЫ ОТ РАЗВИТИЯ VR/AR-ТЕХНОЛОГИЙ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ЛИДЕРСТВО, ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ, СОЦИАЛЬНЫЙ ПРОГРЕСС РФ)

Развитие VR/AR-технологий обеспечит технологическое лидерство России, особенно в отраслевых сегментах. Создание комплексных решений для здравоохранения, образования, промышленности может обеспечить цифровую трансформацию соответствующих отраслей.

Развитие специализированных VR/AR-систем для промышленного сегмента позволит сформировать универсальные мировые стандарты для строительной и нефтегазовой отрасли, машиностроения и добывающей промышленности и др. При этом могут быть достигнуты следующие показатели: сокращение затрат на обслуживание оборудования, сокращение числа ошибок и простоев (до 30 %); увеличение эффективности работы с инженерными 3D-моделями, автоматическая конвертация САПР моделей в VR/AR, сокращение срока проектирования (на 30–50 %), сокращение срока согласования и строительства объектов (на 7–30 %). Достижение указанных показателей подтверждено опытом внедрения VR/AR в международных компаниях, а также в ходе проведения пилотных внедрений в российских промышленных компаниях, например, Газпромнефть.

Внедрение VR/AR в образовательном сегменте позволит обеспечить доступные инструменты для пользователей и дополнить обучающие программы интерактивным визуальным VR/AR-контентом в размере до 30 % всех образовательных материалов (с приоритетом на предметные области, невоспроизводимые в традиционных форматах).

Это может привести к следующим эффектам: повышение эффективности онлайн обучения; обеспечение непрерывного профессионального образования; обеспечение доступности качественного образования в регионах. При развитии маркетплейса образовательных проектов возможно получение российскими компаниями 15 % мирового рынка VR-образования.

В корпоративной сфере применение VR/AR-технологий способно обеспечить создание эффективной системы корпоративного обучения. Например, внедрение тактических симуляторов с VR-технологиями для отработки навыков работы с оборудованием (в том числе обслуживания и управления сложными аппаратами), отработки навыков при ОТиПБ.

Имеется существенный технологический задел для внедрения VR/AR-технологий в сфере здравоохранения. Россия может войти в международную повестку с прорывными системами реабилитации пациентов с повреждениями опорно-двигательного аппарата, восстановления после инсульта, борьбы с фобиями и высокоточной диагностики глазных заболеваний. При этом возможно достигнуть снижения числа инвалидов среди работоспособного населения на 7 % при реабилитации в VR. Специализированное обучение врачей, обеспечение непрерывного медицинского образования и система удаленного присутствия врача, например, хирурга на операции, позволит уменьшить число врачебных ошибок на 50–80 % у прошедших обучение с применением технологий VR/AR. Таким образом, внедрение VR/AR-технологий будет способствовать повышению качества медицинского обслуживания, в том числе в отдаленных регионах страны, и обеспечению максимальной работоспособности населения.

Развитие направления пользовательского применения VR/AR позволит сформировать сервисы для социально важных сфер, например, работы с инвалидами (навигация с дополненной реальностью для слабовидящих), развитие культурной составляющей (навигации и экскурсии по городам, музеям). В итоге, это будет способствовать повышению имиджа России как туристически-привлекательной страны, увеличению посещаемости объектов культуры с привлечением молодежной аудитории. [4]

#### IV. ПЕРЕЧЕНЬ РИСКОВ И ОГРАНИЧЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЗАДЕЛОВ ПО VR/AR-ТЕХНОЛОГИЯМ, СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РОССИЙСКИХ РЕШЕНИЙ НА ИХ БАЗЕ

Риски, способные сузить возможности развития VR/AR-технологии и создания перспективных решений:

- затруднено привлечение финансирования на развитие технологических проектов в связи с долгим выходом на рынок. Темп роста менее 10x в год (не венчурная модель роста) удлинит срок выхода новых технологий на рынок;
- низкий уровень адаптации технологий для пользователей;
- недостижение целевых показателей VR/AR-технологии;
- появление принципиально новых технологических подходов в рамках решения схожих задач;
- недостаточное количество специалистов в сфере VR/AR-технологии, способных квалифицированно применять технологии в рабочем процессе либо использовать в повседневной жизни.

Ограничение развития VR/AR-технологий по имеющимся заделам:

- низкая цифровая грамотность трудоспособного населения. Недостаточное понимание особенностей и возможностей использования VR/AR в профессиональной среде;
- недостаточное количество специалистов-разработчиков для проектов с VR/AR;
- закрытость внутренних сетей связи на промышленных предприятиях по нормативам безопасности;
- долгий процесс согласования пилотных проектов для внедрения в государственных корпорациях и промышленных предприятиях;
- высокая стоимость создания качественного VR/AR-контента;
- нехватка VR/AR-контента в потребительских и профильных сферах;
- отсутствие производимых в России матриц и оптических систем (волноводов), достаточных для

создания VR/AR-устройств российского производства;

- отсутствие отечественных отраслевых стандартов систем проектирования (САПР) и универсальных VR/AR-устройств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Клаус Шваб, Николас Дэвис. Технологии Четвертой промышленной революции. Москва: Бомбора, 2018. 57 с.

[2] Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения. Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018;(3):88-107.

[3] Черченко О.В. (2018) Технологии дополненной и виртуальной реальности в медицине: анализ конкурентного ландшафта // Экономика науки. Т. 4. № 1. С. 69–80.

[4] Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Технологии виртуальной и дополненной реальности». Москва, 2019. С. 5–9.

## Достоинства гибкой методологии «Scrum»

Е. О. Дубровин

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
egor\_nerval@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье описывается гибкая методология разработки Scrum, а также ее достоинства.

**Ключевые слова:** Scrum; Sprint; Product Backlog; Retrospective; Product Owner

В настоящее время, Scrum является одной из наиболее популярных «методологий» разработки ПО. Scrum – это методология разработки, с использованием которой люди могут решать появляющиеся проблемы, при этом продуктивно и производя продукты высокого качества.

Методология сочетает в себе гибкость и четкое структурирование. Главным ее принципом является разделение проекта на части и выполнение задач каждой части проекта. Руководитель проекта не только контролирует выполнение поставленных задач, но и принимает участие в их решении. [1]

Scrum включает в себя следующие роли:

Scrum-мастер – является руководителем проекта, в обязанности которого входит контроль за выполнением поставленных задач, а также проведение ежедневных совещаний (Daily Scrum), обзора итогов Sprint Review а также ретроспективного совещания (Retrospective).

Scrum-команда – небольшая группа людей, непосредственно выполняющих поставленные задачи. Размер команды варьируется от 5 до 9 человек. Каждый из членов команды должны быть самоорганизованным и многофункциональным.

Владелец продукта (Product Owner) – заказчик, который заинтересован в конечном продукте и имеющем видение того, как он должен выглядеть. Владелец продукта не принимает непосредственное участие в разработке, но всегда находится на связи с командой разработчиков и контролирует каждый этап проработанной работы.

Одним из его основных инструментов является Product Backlog, который может подразделяться на разного рода задачи (Story, Bug, Task и др.), имеющие свой приоритет в порядке срочности выполнения [2]

Основой Scrum является Sprint, в течение которого происходит работа над проектом. После окончания Sprint должна быть собрана новая версия проекта. Sprint имеет временные рамки (2–4 недели) и имеет одинаковую продолжительность на протяжении жизни проекта.

Перед началом каждого Sprint производится Sprint Planning, на котором команда разработчиков выбирает важнейшие задачи, которые сможет решить за время спринта, а также производит оценку по времени для каждого Product Backlog.

Каждый день проводится Daily Scrum, на котором каждый разработчик рассказывает, каких успехов в работе над проектом ему удалось достичь, а также что планирует сделать сегодня. Если разработчик столкнулся с какими-либо трудностями, то сообщает об этом команде. Задача Daily Scrum – определение текущего состояния работы над Sprint, обнаружение возникших препятствий, а также выработка стратегии для достижения целей Sprint.

По окончании Sprint'a производятся Sprint Review и Sprint Retrospective, подводятся итоги Sprint'a, разбираются появившиеся трудности, прогнозируется ожидаемая эффективность в следующем спринте, а также составления плана улучшений на следующий Sprint. [3]

Достоинства:

Одним из главных достоинств Scrum является ориентированность на клиента и адаптивность. Scrum позволяет быстро запускать проект с наиболее приоритетными функциями, а также позволяет заказчику

вносить коррективы в техническое задание по ходу реализации проекта.

Scrum прост в изучении, а также экономит время за счет того, что в данной методологии исключены некритичные активности, присущие другим методологиям.

Scrum привлекателен для маленьких компаний, так как он делает упор на самоорганизующуюся команду, которая способна выполнить необходимые задачи за отведенный промежуток времени с минимальной координацией. В связи с этим, нет необходимости найма специализированных руководителей.

Опыт многих компаний показывает, что компании, которые применяют Scrum, значительно повысили свои показатели эффективности. При всех достоинствах данной методологии, Scrum подойдет только для небольших компаний. [4]

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] <https://www.mountaingoatsoftware.com/agile/scrum>
- [2] Сазерленд Джефф Scrum. Революционный метод управления проектами.: Манн, Иванов и Фербер, 2018, 288 с.
- [3] <https://www.atlassian.com/agile/scrum>
- [4] <https://www.scrum.org/resources/what-is-scrum>

# Сравнительный анализ проектного и процессного менеджмента

Н. Р. Икрамов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
ikramovv.nikita@yandex.ru

**Аннотация.** Выбор верного подхода управления организации во многом определяет дальнейший успех компании. В данной статье приводится сравнительный анализ методов управления предприятием. Тщательное изучение особенностей и недостатков проектного и процессного подходов, позволяет увеличить эффективность управления организацией. Понимание различий этих подходов позволяет выбирать для проблемы оптимальный способ решения.

**Ключевые слова:** проектный менеджмент; процессный менеджмент; смешанное управление

## I. ПРОЕКТНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Проект – это временное предприятие, направленное на создание уникального продукта или услуги в условиях требований и ограничений. У проекта есть несколько основных признаков:

- наличие определенных целей проекта;
- уникальность и неповторимость проекта;
- бюджетные и временные ограничения.

Руководитель проекта распоряжается трудовыми, финансовыми, материально-техническими ресурсами проекта. На практике ресурсы для выполнения проекта всегда будут ограничены. Суть управления проектом заключается в максимально эффективно использование ограниченных ресурсов для достижения поставленной цели. После выполнения задачи проектная команда распадается и люди перераспределяются на другие задачи.

## A. Преимущества проектного подхода

Проектное управление имеет ряд преимуществ. Основные из них:

- Позволяет устранить ненужные для выполнения поставленной цели бизнес-процессы, чем обеспечивает экономию денежных и других ресурсов компании.
- Обеспечивает сотрудничество различных отделов, решает проблему «соперничества» между функциональными подразделениями компании.
- Делает результаты и сроки выполнения работ более предсказуемыми за счет составления календарного плана, разбитого на этапы.
- Позволяет руководству контролировать каждый из этапов работ более тщательно, проследить динамику выполнения проекта.

## B. Недостатки проектного подхода

- точность планирования сильно зависит от качества исходной информации;
- сложная организация финансов;
- проекты конкурируют между собой за ресурсы.

## II. ПРОЦЕССНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Вся деятельность организации разбивается на отдельные, взаимосогласованные процессы, за результатами которых необходим постоянный контроль. Современный процессный подход рассматривает функции как взаимосвязанные и называет их бизнес-процессами управления. Согласно рекомендациям по стандартизации, бизнес-процессы управления являются бизнес-процессами верхнего уровня. Примерами бизнес-процессов управления выступают корпоративное управление и стратегический менеджмент. Кроме бизнес-процессов управления, в методологии IDEFO принято выделять также следующие бизнес-процессы:

- основные бизнес-процессы;
- вспомогательные бизнес-процессы;
- бизнес-процессы развития.

Главная особенность процессного управления заключается в том, что он ориентирован на бизнес-процесс. Цель выполнения этих процессов – конечный товар или услуга для внешнего или внутреннего покупателя. Менеджмент предприятия управляет каждым процессом в отдельности и группой бизнес-процессов в общем. Система качества следит за качеством выполнения процессов.

### A. Основные свойства процесса

Можно выделить ряд свойств процесса:

- результативность – соответствие результатов процесса нуждам и ожиданиям потребителей;
- определенность – степень соответствия реального процесса описанию;
- управляемость – степень, в которой производится управление производственным процессом по определенным целевым показателям;
- повторяемость – возможность воспроизводства процесса с заданными характеристиками;
- эффективность – степень оптимальности распределения используемых ресурсов для достижения основных целей проекта;
- гибкость – способность процесса адаптироваться к различным изменениям внешней среды; стоимость.

### B. Преимущества процессного метода

- налаженная связь внутри процессов и в связанных подделах;
- для процессов разработаны шаблоны;
- критерии качества работы отделов согласованы;
- рост лояльности и вовлеченности работников за счет увеличения их полномочий;
- прозрачность работы компании;

- процессы можно изменять, когда организация меняет некоторые условия работы;
- возможность быстро скорректировать работу из-за внешних изменений.

### C. Недостатки процессного менеджмента

- результат зависит от квалификации и личных качеств работника;
- сложность создания шаблонов и нормативных документов для работы процессов;
- долгий процесс обучения персонала;
- сложность объяснения ценности для рабочего коллектива и/или высшего руководства.

## III. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Закончив с описанием данных подходов, можно переходить к их сравнительному анализу. Практика показывает, что во многих отраслях эти методы применяются одновременно. Для эффективного применения каждого из методов, необходимо понимать отличия подходов.

### A. Различия подходов

При сравнении данных методов, стоит выделить следующие отличия:

- Проектный метод предназначен для создания уникальных инновационных продуктов. Он используется для работ, выполняемых в первый раз, или имеющих глобальные отличия от иных задач. Процессный метод рассчитан на многократное повторение операций. Его применяют в операционной деятельности компании.
- У проектного менеджмента есть временные и денежные характеристики. С анализом процессов сложнее. Обычно бизнес-процесс рассматривают не по-отдельности, а формируют похожие действия в группу. Помимо этого процесс оценки стоимости процесса и проекта сильно отличается. В оценке проектной деятельности используют интегральные показатели. Многие параметры процессного подхода имеют качественный характер и их невозможно свести к единому комплексному значению для оценки эффективности.
- Исходя из перечисленных выше отличий для разных подходов, существуют различные методики и инструменты. В случае проектного подхода – это график Ганта, сетевая диаграмма, для процессного подхода – организационные схемы.

### B. Общие черты

Несмотря на различия, данные методы обладают многими схожими чертами. Проект – это, по сути, уникальный процесс. Также проект содержит внутри себя

процесс выполнения проекта. В проектном менеджменте присутствуют элементы процессного управления. Например, декомпозиция задач на более маленькие пришла в проектное управление из процессного менеджмента. Разложение проекта на более мелкие задачи сильно упрощает отслеживание сроков и бюджета проекта.

Методы имеют свои слабые и сильные стороны, поэтому выбор подхода зависит от отрасли и сферы деятельности компании. Сейчас все больше компаний применяют эти методы одновременно. Это позволяет им достигать больших результатов и повысить управляемость организации. Однако следует с осторожностью комбинировать данные методы. Проектно-процессный подход может излишне нагружать персонал компании. Также он может вносить неясность в управлении и запутывать организационную структуру и мешать штатной работе компании. Чтобы избежать подобного исхода, до введения смешанного метода менеджмента следует оценить все возможные риски и провести оценку загруженности рабочего персонала.

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Грамотное использование проектного и процессного метода позволяют добиться впечатляющих результатов в

управлении компании. Каждый метод хорош для решения определенного круга задач. Не стоит забывать про сильные и слабые стороны каждого из подходов. На практике эти методы используются совместно для максимизации эффективности. Но для достижения высоких результатов высший менеджмент должен понимать, что внедрение смешанной системы, конечно, увеличит эффективность, но не мгновенно. Успех любого подхода будет зависеть от грамотного его применения на практике в конкретной ситуации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Дремина М.А., Копнов В.А., Станкин А.А. Проектный подход к разработке и внедрению систем менеджмента качества: Учеб. пособие для вузов. Издательство Лань, 2014. 304 с.: ил
- [2] Ротер М., Дж. Шук. Учитесь видеть бизнес-процессы: Учебник. М.: Издательство «Альпина», 2001.
- [3] Руководство к своду знаний по управлению проектами (A Guide to PMBOK). М.: 2004
- [4] Учитесь видеть бизнес-процессы: учебник / М. Ротер, Дж. Шук. М.: Издательство «Альпина», 2001.
- [5] Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес – процессов: учебник / Г.Н. Калянов. М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2006.

# Оптимизация ИТ-процессов на примере ООО «Газпром переработка» с помощью процессного подхода

О. Ю. Черняева  
Санкт-Петербургский Горный Университет  
olga\_0989@mail.ru

Д. М. Лосева  
Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
d.m.loseva@gmail.com

**Аннотация.** В докладе рассмотрена возможность внедрения процессного подхода к управлению в ООО «Газпром переработка». При этом были изучены проблемы существующего функционального подхода и предложены решения для возможной оптимизации на примере работы службы информационно-управляющих систем.

**Ключевые слова:** процессный подход; функциональный подход; внедрение подхода к управлению

#### I. ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассмотрен процессный подход к управлению предприятием или организацией, который обладает рядом сильных преимуществ по сравнению с другими подходами. Даже частичное внедрение

процессного подхода при наличии более десятка тысяч сотрудников, как в ООО «Газпром переработка», позволит значительно повысить производительность работы отдельных подразделений.

#### II. ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ

Под термином «подход к управлению» понимается способ делегирования полномочий и ответственности при осуществлении деятельности организации. По виду подходы можно классифицировать следующим образом: функциональный подход, проектный подход и процессный подход.

### *А. Функциональный подход*

При функциональном подходе организация рассматривается в качестве совокупности подразделений, которые выполняют возложенные на них функции. При данном подходе сотрудники отвечают только за исполнение собственных обязанностей непосредственно перед начальником подразделения. Их ответственность не пересекается с деятельностью других отделов.

Среди основных преимуществ функционального подхода можно отметить возможность получения узкой специализации сотрудников и, вследствие этого, выработку профессиональных навыков высокого уровня. В связи с этим, возникает более определенное формирование структуры компании и происходит централизация выполнения функций организации, что способствует снижению затрат.

Однако строгое разделение внутри организации приводит к отсутствию возможности глобального анализа проблем, т.к. подразделения сосредоточены на оптимизации выполнения конкретных функциональных решений вместо оптимизации деятельности предприятия в целом. Также информационная поддержка жизненных циклов становится неэффективной при функциональном подходе из-за возрастающей информационной энтропии при росте числа иерархических уровней организации.

### *В. Проектный подход*

При проектном подходе деятельность предприятия полностью ориентирована на выполнении проекта. Под проектом, согласно международному стандарту РМВОК [2], временное предприятие, направленное на создание уникального продукта, услуги или результата. При этом его выполнение строго ограничено временными, финансовыми и ресурсными возможностями. Конечным результатом является выполнение поставленных относительно проекта целей.

К некоторым преимуществам данного подхода можно отнести наличие четко определенной цели, гибкость при совершении управления, эффективная организация, основанная на выполнении календарно-сетевых графиков. Работа по проекту рассматривается детально на уровне технологических операций, что позволяет более точно рассчитать требуемые бюджет и ресурсы.

Недостатками проектного подхода являются необходимость высокой квалификации сотрудников и отсутствие взаимосвязи в работе как между разными проектами, так и относительно деятельности предприятия в целом.

### *С. Процессный подход*

При применении процессного подхода деятельность организации рассматривается в качестве набора процессов, в которых задействованы все подразделения. Под процессом в данном случае понимается логически завершённый набор взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, поддерживающий деятельность организации и

реализующий её политику, направленную на достижение поставленных целей. [1] При данном подходе сотрудники не только несут ответственность за обязанности, возложенные начальством, но и каждый из них принимает участие в осуществлении бизнес-процесса в целом.

Данный подход обладает рядом сильных преимуществ. Например, наличие системы взаимных связей между сотрудниками разных подразделений. Это, в свою очередь, способствует быстрому реагированию в осуществлении деятельности внутри процесса при изменении внешних условий. В управлении процессом один руководитель ответственен за совокупность всех операций и действий, направленных на достижение цели, поэтому появляется возможность ставить в приоритет стратегические цели всего предприятия, а не функциональные.

К недостаткам процессного подхода относятся повышенная сложность управления процессом, когда сотрудники сосредоточены на исполнении сразу нескольких функций, а не одной, как в функциональном подходе. Наличие различной функциональной квалификации многих сотрудников способствует появлению задержек и ошибок при совместной работе.

## III. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД В ООО «ГАЗПРОМ ПЕРЕРАБОТКА»

ООО «Газпром переработка» представляет собой перерабатывающий комплекс, основные виды деятельности которого являются подготовка и переработка газа, газового конденсата и нефти, а также магистральный транспорт углеводородов. [4]

На данный момент в компании применяется функциональный подход к управлению. Структура компании условно представляет собой дерево, где каждое подразделение подвергается еще большему дроблению на отделы и службы по выполняемым функциям и несет ответственность только перед начальством своего подразделения. Данный подход был выбран в связи с тем, что «Газпром переработка» является крупным специализированным предприятием, сосредоточенным на выполнении сложных и длительных задач.

Функциональный подход обладает рядом преимуществ для компании. Так, высококвалифицированные специалисты отвечают за осуществление конкретных функций, что приводит к уменьшению в потребности специалистов широкого профиля и исключению дублирования обязанностей по управлению. Тем не менее, функциональный подход не учитывает многие проблемы, сказывающиеся на скорости и качестве деятельности отдельных подразделений.

Далее, в качестве более конкретного примера будет рассмотрена работа службы информационно-управляющих систем (СИУС).

### *А. Существующие проблемы*

Наиболее серьезными проблемами, с которыми сталкивается СИУС, являются низкий уровень

автоматизации и низкий уровень качества предоставляемых услуг.

Проблема низкого уровня автоматизации обусловлена тем, что задачи, решаемые с помощью использования специализированного ПО или устройств, выполняются вручную. В качестве примера можно привести задачу подключения к общему принтеру, когда вместо настройки подключения при установке оборудования для нового сотрудника, пользователю необходимо самостоятельно отправить запрос о подключении. Улучшение ИТ-инфраструктуры является довольно длительным по времени процессом, однако является необходимым для эффективного функционирования отдела в долгосрочной перспективе.

Проблема низкого уровня предоставляемых услуг в некоторой степени зависит от проблемы низкого уровня автоматизации. Так, с каждым годом количество обращений пользователей растет [3], а из-за отсутствия автоматизации скорость их обработки остается низкой, что сказывается на удовлетворенности пользователей, особенно если обращение является срочным. Проблема организации процесса согласования, который не автоматизирован полностью, хоть и не является срочной, но косвенно сказывается на скорости выполнения запросов.

Отсутствие базы знаний для сотрудников ИТ-отделов замедляет скорость адаптации новых работников, увеличивает количество ошибок маршрутизации, что в свою очередь влияет на скорость и качество исполнения запросов. Решение данной проблемы должно стоять в приоритете, т. к. от него зависит дальнейшая возможность функционирования отделов.

Проблема низкого уровня подготовки пользователей приводит к увеличению количество заявок на консультацию, что в некоторой степени связано с отсутствием информации о ПО/ИС для пользователей в свободном доступе. Однако не существует гарантии того, что пользователи будут обращаться к предоставленной информации при наличии службы поддержки.

Вышеописанные проблемы распределены по приоритетности представлены в виде матрицы Эйзенхауэра (рис. 1) в табл. I.



Рис. 1. Матрица Эйзенхауэра

ТАБЛИЦА I ПРИОРИТЕТ ПРОБЛЕМ

I	Отсутствие базы знаний для сотрудников ИТ-отделов	Отсутствие автоматизация процесса согласования	III
II	Незаинтересованность в улучшении ИТ-инфраструктуры	Отсутствие информации о ПО/ИС для пользователей в открытом доступе	IV

На данный момент, срочное решение проблем подразумевает срок до 1 календарного года, для не срочных задач – от 1 до 2 лет.

#### IV. ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА В ООО «ГАЗПРОМ ПЕРЕРАБОТКА»

##### A. Цели развития деятельности СИУС

Прежде чем подробнее рассмотреть возможность внедрения процессного подхода необходимо определить цели работы отдела СИУС, т. к. деятельность данной службы рассматривается в качестве конкретного примера.

В соответствии с проблемами, описанными в предыдущем пункте, можно поставить следующие цели: повышение уровня автоматизации и уровня производительности.

Для повышения уровня автоматизации, прежде всего, необходимо оптимизировать процесс управления обращениями, т. е. сделать его менее трудно затратным и более простым. Для осуществления оптимизации требуется проанализировать данный процесс и найти его слабые места. Далее, для нахождения решения после анализа необходимо осуществить оптимизацию существующего ИС/ПО для работы с обращением пользователей. Для осуществления оптимизации необходимо частично автоматизировать примитивные обращения. Из-за постоянного роста количества обращений решение данной задачи должно стоять в приоритете.

Также необходимо провести анализ существующего ПО/ИС, который позволит выявить необходимость покупки нового ПО/ИС или рассмотреть возможность улучшения существующего. Также для повышения уровня автоматизации крайне важно автоматизировать процесс согласования. Данные задачи могут потребовать более длительного по времени исполнения, но они также крайне необходимы для эффективного функционирования отдела.

Абстрактную задачу повышения производительности стоит определить как более конкретную задачу повышения качества предоставляемых услуг. Для ее выполнения необходимо увеличить процент запросов, закрытых до истечения срока, увеличить средний балл за отработанные запросы и повысить уровень тех. подготовки пользователей ИТ-услуг.

Увеличение процента закрытых в срок запросов возможно при снижении количество запросов на специалиста, что возможно при увеличении штата сотрудников ИТ-отделов, что ведет к возможности анализа наиболее часто встречаемых вопросов и введению процесса управления проблемами. Однако СИУС вполне

может функционировать длительное время без данного процесса.

Увеличение среднего балла за отработанные запросы сигнализирует об удовлетворенности пользователей, и для его достижения необходимо увеличить выборку по запросам пользователей, т. е. мотивировать пользователей оставлять отзывы о работе более активно. Также стоит пересмотреть систему оценок, сократив ее с существующей 5-бальной системы до 3-бальной, т. к. пользователи склонны выбирать критичные баллы при выставлении оценки, и этого стоит избегать для объективной оценки. В дополнение к этому, можно мотивировать пользователя оставлять отзывы (feedback). Однако данные задачи не являются критически важными или срочными для исполнения.

Повышение уровня тех. подготовки пользователей должно состоять из разработки инструкций для работы с популярным ПО/ИС и обучения пользователей. Данные задачи тоже не относятся к критически важным или срочным для исполнения.

После подробного рассмотрения целей в табл. II был расставлен приоритет базовых целей по матрице Эйзенхауэра.

ТАБЛИЦА II ПРИОРИТЕТ ЦЕЛЕЙ

I	Частично автоматизировать примитивные обращения	Ввести процесс управления проблемами	III
II	Улучшить работу существующего ПО/ИС Автоматизация процесса согласования Разработать/закупить новое ПО/ИС	Пересмотреть систему оценок Разработать простые инструкции для работы с популярным ПО/ИС Обучить пользователей ИТ-услуг работе с популярным ПО/ИС Мотивировать пользователей оставлять feedback	IV

### В. Существующие процессы

При рассмотрении деятельности СИУС с точки зрения функционального подхода, недочеты в работе отсутствуют, потому что служба успешно исполняет возложенные на нее функции. При этом с точки зрения процессного подхода можно обнаружить множество различных проблем, не заметных ранее.

Для начала стоит определить некоторые термины. Понятие процесс в данном контексте означает совокупность взаимодействующих операционных процессов, объединенных по критерию получения общих результатов их совместной деятельности, имеющих ценность для внутренних и/или внешних клиентов. Операционный процесс – это ограниченная совокупность взаимодействующих операций (10–15), выполняемых одним или несколькими субъектами (сотрудники на должности/роли). Владелец процесса – должностное лицо, которое имеет в своем распоряжении выделенные ресурсы,

управляет ходом процесса и несет ответственность за результаты и эффективность процесса.

В качестве примера можно рассмотреть процесс «Управление обращениями пользователей». В него входят некоторые из приведенных операционных процессы, владельцем которых является СИУС:

- Категорирование обращения в СУОП (систему управления обращениями пользователей).
- Получение обратной связи по обращению.

В табл. III описаны проблемы процессов, которые были выявлены с помощью процессного подхода, а также предложены способы их решения.

ТАБЛИЦА III ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОБЛЕМ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ РЕШЕНИЙ

Процесс	Проблема	Предложенное решение
Управление обращениями пользователей	Отсутствие уведомлений о новых заявках и истечение срока обработки обращения, невозможность моментального реагирования	Доработка ПО/ИС: добавление уведомлений
Категорирование обращения в СУОП	Категорирование обращений вручную, частные ошибки в распределении по категориям и низкая скорость	Введение нейросети
Получение обратной связи по обращению	Анализ оценки производится вручную сотрудниками службы, низкое качество анализа оценок	Введение процесса системного анализа оценок

### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данном докладе на примере работы СИУС был рассмотрен действующий в ООО «Газпром переработка» функциональный подход к управлению и проблемы, связанные с несовершенством данного подхода. В связи с этим, были поставлены цели для развития деятельности рассмотренного подразделения, рассмотрены конкретные примеры процессов с точки зрения процессного подхода и предложены решения для улучшения производительности СИУС.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кулябов Д.С., Королькова А.В. Введение в формальные методы описания бизнес-процессов: Учеб. пособие. М.: РУДН, 2008. 10 с.
- [2] Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®). Шестое издание. Agile: практическое руководство / Институт управления проектами. – Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA / США, 2015. 5 с.
- [3] Информационная система «Личный кабинет» / М.А. Мочалов // Новые технологии в газовой промышленности (газ, нефть, энергетика): Тез. докл. XIII Всерос. конф. молодых ученых, специалистов и студентов, Москва, 22-25 окт. 2019 / Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина, 2019. 394-395 с.
- [4] О компании. [Электронный ресурс] // ГАЗПРОМ переработка: справ. ин-форм. портал. – Режим доступа: <https://pererabotka.gazprom.ru/about/> (03.10.2020)

# Использование Марковских моделей для анализа рисков IT-проектов

Ю. Марущак

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
uliya.marushak@gmail.com

**Аннотация.** Возросшие темпы развития современного технического прогресса отражаются в повышенных требованиях к качеству и сложности продукции и услуг, что сильно затрагивает IT-проекты. Рост сложности проектов и снижение сроков их выполнения для ведения конкурентной борьбы создают огромное количество рисков. Таким рискам уделяется недостаточно внимания на этапе планирования, из-за чего происходит стабильное ухудшение успешности выполнения проектов [1, 2, 3, 4].

**Ключевые слова:** управление рисками; модель жизненного цикла проекта; Марковские модели; дифференциальные уравнения Колмогорова; метод Анализа видов и последствий потенциальных отказов

## I. ВВЕДЕНИЕ

В связи со спецификой отрасли и современной экономической ситуацией, реализация IT-проектов стала очень рискованной деятельностью, что делает управление рисками обязательным этапом в управлении IT-проектами.

Анализ рисков организации требует моделирования жизненного цикла (ЖЦ) и его этапов, в рамках которых будут идентифицироваться риски. При помощи модели ЖЦ можно будет оценить время нахождения в каждом процессе, что будет непосредственно влиять на вероятность появления рисков в рамках выполнения процесса.

## II. МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТА

Модель ЖЦ будет являться вероятностной моделью, это связано с тем, что время выполнения процесса является случайной величиной. Следовательно, модель ЖЦ можно представить в виде ориентированного графа, в вершинах которого будут находиться процессы, а дуги будут являться переходами между процессами в рамках выполнения проекта [5]. Пример модели ЖЦ приведен на рис. 1.

Пусть  $x$  – множество процессов, принадлежащих проекту (1),  $P = \{p_{ij}\}_{i=1..n}^{j=1..n}$  – вероятности перехода модели из состояния  $i$  в состояние  $j$  (2).

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Вероятности  $p_{ij}$  будут являться весами дуг в графе при условии (3).

$$\sum_{j=1}^n p_{kj}(t) = 1 \quad (3)$$

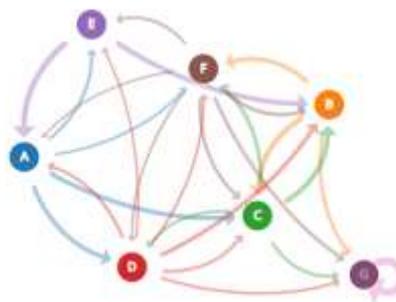


Рис. 1. Пример модели жизненного цикла

Для описания полной вероятностной модели проекта и ее матрицы переходных вероятностей потребуются 2 характеристики, которые обычно известны при планировании проекта: ожидаемые трудоемкости итераций процессов ( $m_1, \dots, m_n$ ) и вероятности переходов между процессами (4).

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0 & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & 0 & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

В результате получим соотношение (5).

$$P = \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{m_1} & \frac{p_{12}}{m_1} & \dots & \frac{p_{1n}}{m_1} \\ \frac{p_{21}}{m_2} & 1 - \frac{1}{m_2} & \dots & \frac{p_{2n}}{m_2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{p_{n1}}{m_n} & \frac{p_{n2}}{m_n} & \dots & 1 - \frac{1}{m_n} \end{pmatrix} \quad (5)$$

### III. ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ

На основании матрицы проекта можно описать систему дифференциальных уравнений Колмогорова. Система дифференциальных уравнений показывает изменчивость вероятностей всех состояний графа. При переходе к предельным вероятностям решение показывает, с какой

$$P_{\text{modif1}} = \begin{pmatrix} P_{11} + P_{1(n+1)} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} + P_{2(n+1)} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} + P_{n(n+1)} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Решение для такой матрицы будет иметь высокую погрешность из-за того, что оно не будет учитывать начальное состояние, которое важно для проектов, поэтому введем второй шаг модификации. Для учета начального состояния необходимо совершить один шаг в матрице, для этого нужно возвести матрицу в квадрат  $P_{\text{modif1}}^2$ . Далее вернем строку, соответствующую начальному состоянию  $k$  в первоначальное состояние, для этого необходимо заменить  $k$ -ю строку матрицы второго шага  $P_{\text{modif1}}^2$  на  $k$ -ю строку из матрицы первого шага  $P_{\text{modif1}}$ . В результате получим матрицу  $P_{\text{modif2}}$ .

Для того, чтобы оценить эффективность такого метода был проведен эксперимент, в котором произведено имитационное моделирование и аналитическое моделирование при помощи матриц  $P_{\text{norm}}$ ,  $P_{\text{modif1}}$  и  $P_{\text{modif2}}$ .

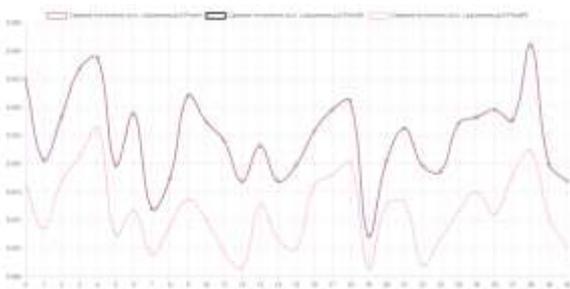


Рис. 2. Сравнение средних отклонений между решениями дифференциальных уравнений Колмогорова для  $P_{\text{modif2}}$  и  $P_{\text{norm}}$  с экспериментальными результатами средних нормированных длительностей процессов

вероятностью система будет находиться в процессе в случайный момент времени. Если рассмотреть данный показатель в разрезе вероятностной модели ЖЦ, можно определить среднее нормированное количество времени, которое заняло выполнение некоторого процесса при работе над проектом [6]. Такой показатель будет использоваться в качестве веса процесса при построении количественной оценки рисков, возникающих при выполнении этого процесса.

Такой подход требует отсутствия конечного состояния в графе Маркова, а в ЖЦ проекта всегда есть конечное состояние – завершение проекта, поэтому необходимо модифицировать матрицу проекта. Для этого из нее необходимо удалить конечные состояния, а вероятности перехода в конечное состояние необходимо прибавить к соответствующим возвращающим вероятностям. Матрица такого проекта примет вид соотношения (6).

В эксперименте было сгенерировано 10 000 случайных проектов размером от 30 до 50 процессов.  $P_{\text{norm}}$  – матрица проекта, в которой было исключено конечное состояние, а все строки были нормированы.

Решение для матрицы  $P_{\text{modif2}}$  дало результат с погрешностью в среднем на 32% ниже, по сравнению с решением для матрицы  $P_{\text{norm}}$ . Отклонение решения для матрицы  $P_{\text{modif2}}$  относительно экспериментального значения составляло в среднем 10% в то время, как среднее отклонение решения для матрицы  $P_{\text{norm}}$  было равно 14.8%. Решения для матриц  $P_{\text{modif1}}$  и  $P_{\text{norm}}$  совпали и отличались не более, чем на 0.01%. На рис. 2 и рис. 3 представлено сравнение средних отклонений в разрезе из 30 случайных генераций проектов.

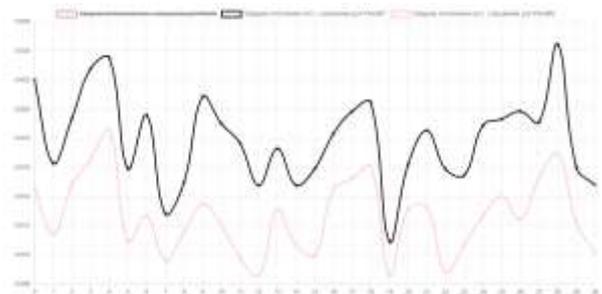


Рис. 3. Сравнение средних отклонений между решениями дифференциальных уравнений Колмогорова для  $P_{\text{modif2}}$  и  $P_{\text{modif1}}$  с экспериментальными результатами средних нормированных длительностей процессов

#### IV. ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ

Численная оценка рисков базируется на модифицированном методе Анализа видов и последствий потенциальных отказов [7]. В оригинальном методе используются бальные характеристики, в модифицированном используются вероятностные характеристики, позволяющие применять методы и критерии статистического анализа.

В рамках предложенной модели процесс разбивается на ряд возникающих рисков, а риск разбивается на ряд причин появления риска. Расчет ранга приоритетности  $j$ -й причины появления  $i$ -го риска производится по соотношению (7).

$$RPN_{ij} = \hat{P}_{Пij} \cdot \hat{P}_{Oij} \cdot \hat{S}_{ij}, \quad (7)$$

где  $\hat{P}_{Пij}$  – вероятность появления  $j$ -й причины  $i$ -го риска;  $\hat{P}_{Oij}$  – вероятность обнаружения  $j$ -й причины  $i$ -го риска;  $\hat{S}_{ij}$  – оценка значимости последствий реализации  $j$ -й причины  $i$ -го риска. Ранг приоритетности риска будет оцениваться по соотношению (8).

$$PN_i = \sum_{j=0}^{r_i} RPN_{ij}, \quad (8)$$

где  $r_i$  – количество причин появления  $i$ -го риска. Ранг приоритетности рисков процесса будет определяться по соотношению (9).

$$RPN_k = w_k \cdot \sum_{i=0}^{m_k} PN_i, \quad (9)$$

где  $m_k$  – количество рисков, входящих в процесс  $k$ ;  $w_k$  – вес  $k$ -го процесса, рассчитываемый при помощи решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате предложенная методика позволяет построить Марковскую модель на основании статистических данных проекта и произвести численную оценку всех возникающих рисков и причин их появления, чтобы в дальнейшем использовать для принятия решений о необходимости проведения мероприятий для работы с риском. Предложенный алгоритм позволяет выполнять автоматизированную переоценку рисков при помощи информационной системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Eveleens L., Verhoef C., The Rise, and Fall of the Chaos Report Figure // IEEE. SOFTWARE 2010, вып. (№) JANUARY/FEBRUARY. С. 30–36.
- [2] Mersion A. Agile Project Success Rates are 2X Higher than Traditional Projects (2019). [Электронный ресурс]. URL: <https://vitalitychicago.com/blog/agile-projects-are-more-successful-traditional-projects/> (дата обращения: 05.04.20).
- [3] The Standish Group International Inc., Chaos Report 2015. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.standishgroup.com/sample\\_research\\_files/CHAOSReport2015-Final.pdf](https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf) (дата обращения: 08.02.20).
- [4] Standish Group International Inc., Project Resolution Benchmark for IBEX Financial Corp. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.standishgroup.com/sample\\_research\\_files/DemoPRBR.pdf](https://www.standishgroup.com/sample_research_files/DemoPRBR.pdf) (дата обращения: 10.03.20).
- [5] Романцев, В.В. Вероятностные модели жизненного цикла программных изделий // Известия СПбГЭТУ, серия «Информатика, управление и компьютерные технологии», Вып.1, 2003, с.187-193.
- [6] Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 208 с.
- [7] ГОСТ Р 51901.12-2007 (МЭК 60812:2006). Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Изд-во стандартов, 2007.

## Армирование простого симметричного тела при заданной нагрузке

В. А. Поляков

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), каф. РАПС  
poleporo@ya.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается армирование простого тела при заданной нагрузке. Проводится анализ напряженно-деформированного состояния тела, из которого определяются места укладки арматуры. Армирование детали позволяет не только распределять напряжения в элементах конструкций, но и

оптимально уложить армирующий материал внутри детали. Следовательно, необходимо также учитывать критерий оптимального использования арматуры.

**Ключевые слова:** армирование тела; конечно-элементная модель; анализ НДС; критерии армирования

## I. ВВЕДЕНИЕ

Под действием нагрузок происходит деформация и перемещение материала конструкции. Деформация тела происходит неравномерно и в каждой точке имеет разное значение. В данной статье рассматривается задача нахождения траекторий армирования простейшего изделия, работающего на растяжение. Планируется получить траектории распространения напряжения в трубе из связующего – т.е. определение мест укладки армирующего материала. Важно определить такое расположение арматуры в её объёме, при котором конструкция максимально использует материал и имеет минимальную массу [1].

## II. ВЫЯВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИЙ АРМИРОВАНИЯ

Данный этап состоит в изучении поведения определенного тела при заданных нагрузках. Пусть задана геометрическая твердотельная 3D-модель требуемой формы конструкции. Для упрощения расчетов деталь трубы принимается со следующими параметрами: диаметр трубы 10 мм, толщина 5 мм, длина 50 мм, материал – эпоксидная смола.

В качестве типа конечно-элементной (КЭ) сетки для трехмерного тела выбирается тетраэдры и здесь возможны два варианта: тетраэдры из 4-х точек или из 10-ти (четыре точки на каждой вершине и еще шесть точек на середине каждого ребра) точек. Использование 10-ти точек повышается точность расчетов, но увеличивается время обработки компьютером поставленной задачи [2]. Размер элементов сетки равен 0.5 мм. На рис. 1 представлена КЭ модель исследуемого тела.



Рис. 1. КЭ модель

Следующим этапом является приложение нагрузок к телу, в соответствии с которыми определяются места армирования тела. Один торец трубы жестко закрепляется, а ко второму прикладывается сила вдоль оси Z.

## III. НАГРУЗКА ТЕЛА СИЛОЙ

В данном случае рассматривается симуляция, в которой к незакрепленному торцу прикладывается сила. Для корректности получаемых результатов, сила должна прикладываться ко всем точкам на грани, что показано на рис. 2.

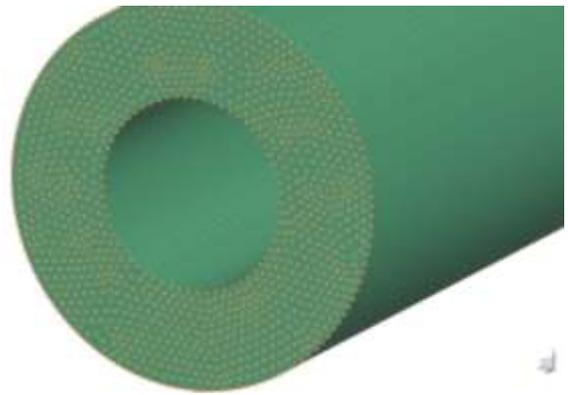


Рис. 2. Место (грань) приложения силы

Приложив силу (30 Н) к одному торцу и жестко закрепив другой можно приступить к симуляции. Выходными данными служат картины перемещения и напряжения исследуемого тела.

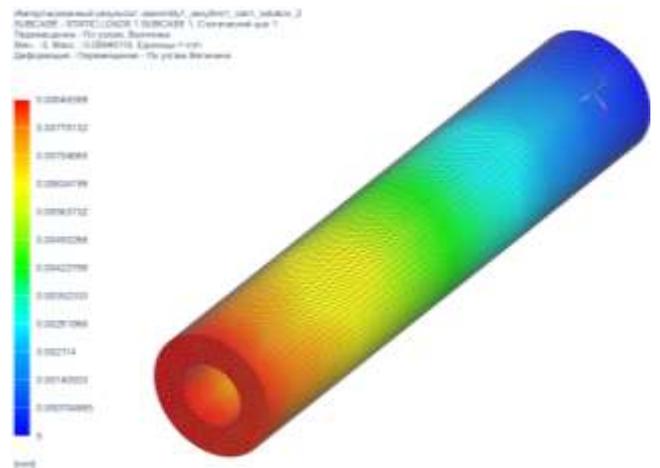


Рис. 3. Общая картина перемещений материала

Выделив грань, к которой приложена сила, можно рассмотреть, как направлены вектора по отношению к образующей (рис. 4).

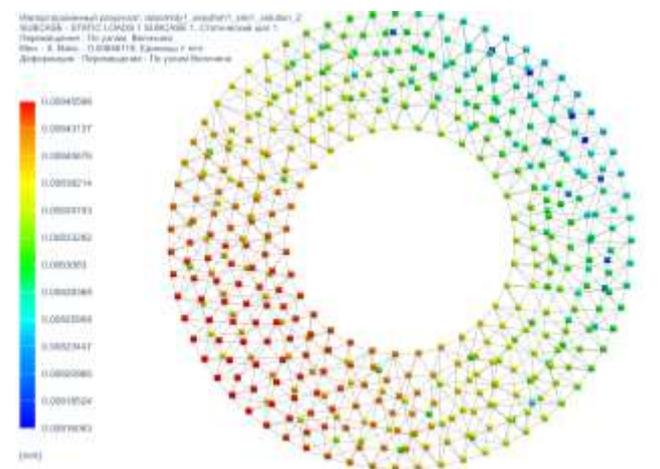


Рис. 4. Картина векторов перемещения на грани

На рис. 4 видно, что вектора имеют разные величины, однако разница между показаниями равна 0,02 мм. На фоне общей картины эти показания не так сильно выделяются и этой разницей можно пренебречь. Также можно заметить, что все вектора лежат вдоль оси Z. Направление векторов помогает определить в какой плоскости необходимо расположить армирующий материал, но одного направления недостаточно. В нахождении места укладки помогают картины напряжения тела, представленные на рис. 5–6.

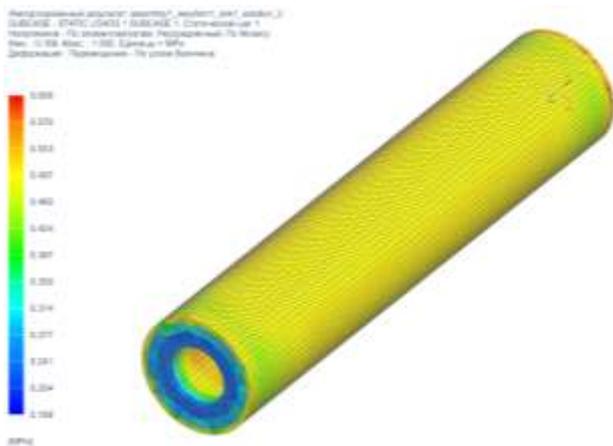


Рис. 5. Картина напряжений трубы

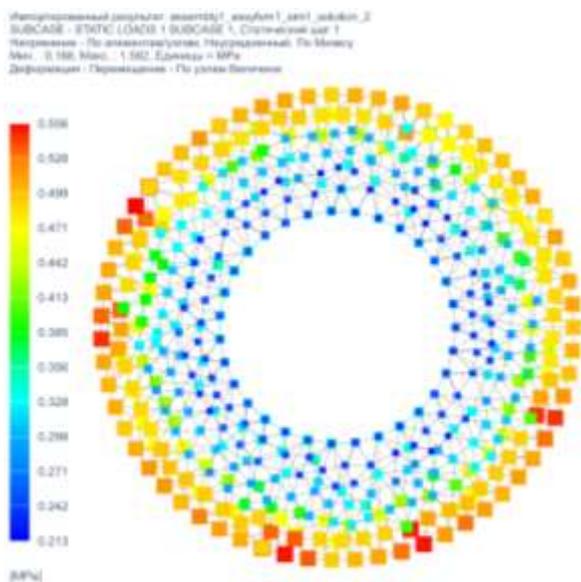


Рис. 6. Напряжения грани трубы (в плоскости X-Y)

Исходя из рис. 5–6 видно, что наибольшее напряжения возникают на внутреннем ребре. Но если посмотреть на эпюру напряжений она будет линейна на всем протяжении трубы, что и видно на рис. 5. На рис. 6 напряжения грани примерно одинаковы, они чуть больше чем напряжения вдоль трубы, скорее это связано с тем, что к этой грани прикладывается сила. Закрепленная грань, а в частности внешнее ребро, испытывает большее напряжение. Это связано с тем, что на ребре сумма сил действует в одном

направлении, в то время как внутри тела силы распределены равномерно. Связь атомов внутри тела сильнее чем связь атомов на поверхности трубы, поэтому возникает так называемый краевой эффект [3].

Получив картины деформации тела и проведя анализ НДС, можно приступить к армированию тела. Материал связующего остается не именованным, а в качестве арматуры будут выступать стальные стержни.

#### IV. АРМИРОВАНИЕ ТЕЛА СТАЛЬНЫМИ СТЕРЖНЯМИ

Армирование тела выполняется в соответствии с полученными ранее результатами эксперимента. Были получены картины смещения материала тела, а также картины напряжений. Армирование происходит вдоль векторов смещений и в тех участках, где тело испытывает повышенное напряжение. Необходимо внедрить арматуру в связующее таким образом, чтобы противодействовать разрушениям тела в месте приложения сил. Целесообразно ее укладывать там, где максимальные перемещения – ближе к наружной стенке цилиндра.

Из рис. 3–6 видно, что смещения материала возникает сонаправленно с осью Z, а напряжение имеет максимальные значения ближе к внешней поверхности трубы. В таком случае необходимо расположить арматуру в виде стальных стержней в связующем ближе к его внешней поверхности. В качестве арматуры выступают цилиндрические стержни из стали, толщина которых 1,5 мм. В таком случае в симуляции необходимо склеить два тела, т.е. склеиваются поверхности тел между собой. Одна грань жестко закрепляется, а к другой незакрепленной прикладывается сила, направленная вдоль оси Z. На рис. 7 красные стрелки – приложенная сила (30 Н); желтыми стрелками обозначается склеивание поверхностей материалов (в данном случае склеивается связующее и арматура); синяя заштриховка – жесткое закрепление тела.

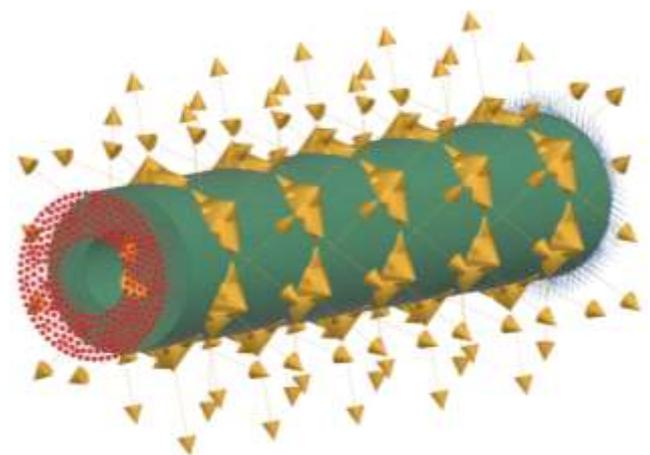


Рис. 7. Исследуемая сборка (связующее + АМ)

Проведя моделирование НДС были полученные новые картины напряжения и перемещения материала тела, которые необходимо сравнить с предыдущими. На рис. 8 и 9 показано сравнение картин (слева – тело без арматуры, справа – с арматурой).

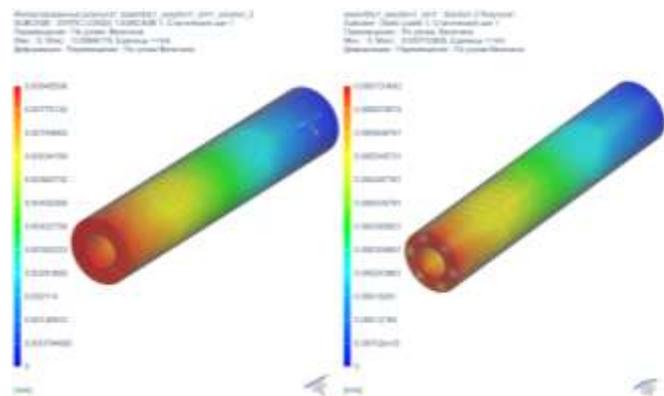


Рис. 8. Сравнение перемещений материала связующего

Как видно из сравнения результатов – смещение уменьшилось на порядок. Тогда необходимо посмотреть на картины напряжений, чтобы понять, как себя ведет связующее и арматура в данной сборке.

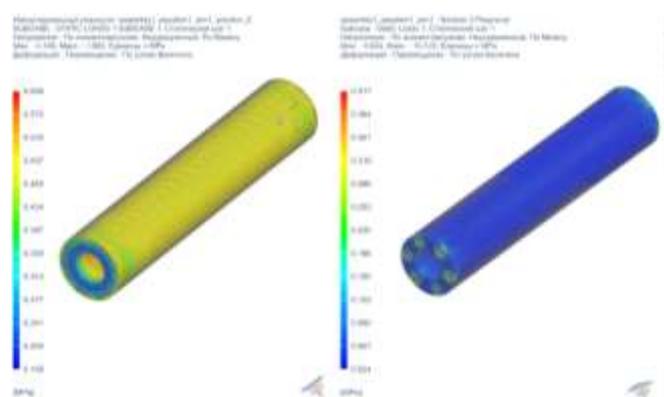


Рис. 9. Сравнение напряжений связующего

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы: смещение в армированной сборке заметно снизилось, это видно по значениям, значит, арматура приняла на себя часть нагрузки; напряжения трубы также заметно снизилось, выделяющимися стали участки на армированной сборке ребра соединений связующего и арматуры. Это может быть связано с краевым эффектом. Является ли такой способ армирования хорошим? В таком случае возникает вопрос: а какая будет оптимальная схема армирования для данного случая? Армирование выполняется тех участков, где возникают напряжения. В данном случае арматуру необходимо было расположить ближе к поверхности трубы. Для определения наилучшего места расположения арматуры необходимо подбирать размеры арматуры и место её укладки.

При армировании тело необходимо учитывать некоторые критерии, такие как: критерий массы сборки, критерий максимального/минимального напряжения, критерий максимального/минимального смещения материала.

## V. УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СТЕРЖНЕЙ

Одним из способов уменьшения напряжения и смещения материала является внедрение большего количества стальных стержней. В первоначальной сборке использовалось 6 стержней. Поскольку деталь симметричная, то рационально использовать количество стержней кратное 360°. Так арматура равномерно примет на себя нагрузку. Тогда меняя число стержней в сборке можно получить оптимальную конструкцию. Для примера промоделируем два случая: в первом в сборке будет 18 стержней, а во втором – 12. Полученные результаты моделирования необходимо сравнить друг с другом. Ниже приведен рис. 10, на котором показано сравнение двух конструкций.

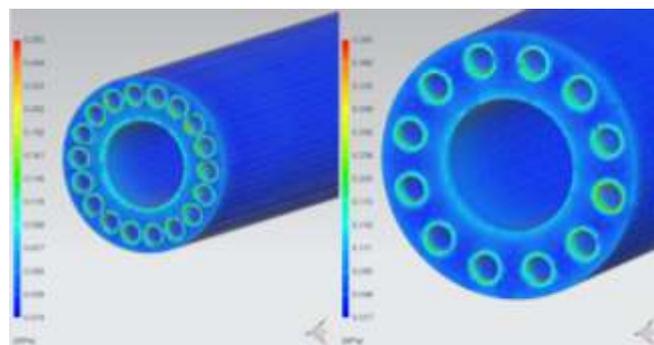


Рис. 10. Сравнение напряжений связующего

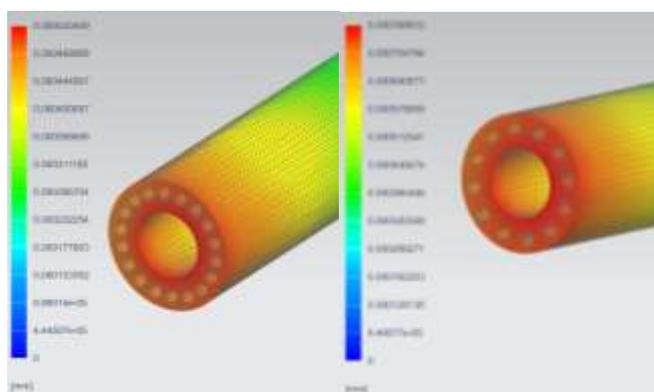


Рис. 11. Сравнение смещений материала связующего

Сравнивая полученные результаты можно заметить, что при 6-ти стержнях общее напряжение на внешней грани трубы равно 57 КПа, при 12-ти стержнях – 48 КПа, а при 18-ти стержнях – 35 КПа. То есть при увеличении количества стержней уменьшается напряжение связующего однако, используя стальные стержни в связующем, приводит к увеличению итоговой массы конструкции. Таким образом, при армировании необходимо соблюдать баланс между уменьшением напряжения/смещения связующего и увеличением массы конструкции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Нотон Б. Композиционные материалы. В 8 т. Т.3.: Применение композиционных материалов в технике / под ред. Л. Браутмана и Р. Крока. М.: Машиностроение, 1978, с. 260–307.
- [2] Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. М.: ДМК Пресс, 2003, 448 с.

- [3] Особенности постановки и решения задач оптимизации структуры и состава пространственно армированных углерод-углеродных и углеродкерамических композитных конструкций ракетной техники / А.А. Смердов, С.В. Ташилов, К.А. Пономарев, А.Н. Миронихин // Вестн. МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2012. № 8. С. 137–147.

# Исследование управляемых процессов в испарителе при регенерации диэтиленгликоля

М. В. Сербилатьева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
maria.serbilatieva@yandex.ru

**Аннотация.** Объектом исследования является испаритель. Цель работы – исследование тепловых процессов в испарителе и разработка системы управления при регенерации диэтиленгликоля.

**Ключевые слова:** математическая модель; теплообмен; массообмен; регенерация; абсорбент; диэтиленгликоль; испаритель

## I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время уделяется большое внимание газовой отрасли в мировой энергетике. Добываемый газ, который подлежит переработке, содержит влагу. Наличие влаги негативно влияет на процессы его переработки, способствуя усложнению технологического процесса и увеличению энергетических затрат, а также уменьшению пропускного сечения трубопроводов, что может вызвать аварийную ситуацию. Для обеспечения качества газа и его дальнейшей реализации, природные газы подлежат необходимой осушке, которая осуществляется с помощью совершенствования технологий и оборудования.

Современные технические решения, принимаемые для модернизации установок комплексной подготовки газа, в состав которых входит установка регенерации диэтиленгликоля (ДЭГа), являются приоритетными на сегодняшний день.

В работе рассматривается регенерация диэтиленгликоля, применяемая для огневого или парового испарителя, для которого требуется получить математическую модель управляемого теплообменного процесса.

## II. ОПИСАНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ В СХЕМЕ С ИСПАРИТЕЛЕМ

Структурная схема технологии регенерации диэтиленгликоля изображена на рис. 1.

Насыщенный раствор ДЭГа с колонных аппаратов абсорберов через регулирующие клапаны уровней попадает в общий коллектор и через расходомер поступает в выветриватель, где освобождается от избытка растворенного газа. НДЭГ очищается, выделившийся газ сбрасывается на свечу через клапан-регулятор давления.

Раствор НДЭГ пройдя один из фильтров тонкой очистки через регулирующий клапан уровня, попадает в трубное пространство теплообменников, где нагревается встречным потоком регенерированного ДЭГа.

После теплообменника раствор насыщенного ДЭГа подается на верхние тарелки десорбера для регенерации. Сверху вниз с тарелки на тарелку течет раствор нДЭГа, затем он взаимодействует с возникающим паровым потоком, идущим от испарителя, с помощью чего происходит выпаривание влаги, поглощенной раствором ДЭГа из газа.

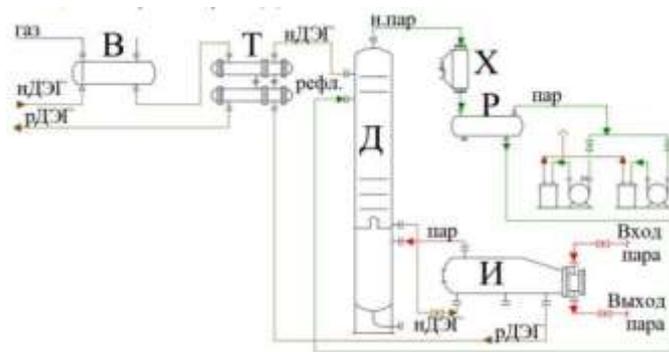


Рис. 1. Структурная схема технологии регенерации ДЭГа

Регенерированный раствор ДЭГа скапливается на колонной тарелке Д и поступает в испаритель, где нагревается до температуры 153–164 °С водяным паром,

поступающим из котельной через регулирующий клапан температуры исполнения в трубный пучок испарителя [1].

Для создания в колонне восходящего парового потока и поддержания необходимой температуры низа десорбера пары воды, ДЭГа, газов из испарителя поступают под тарелку Д. В десорбере создается разрежение благодаря работе водокольцевого вакуум-насоса по схеме: И – испаритель, Д – десорбер, Х – холодильная установка, Р – рефлюксная емкость, В – водокольцевой насос, сброс в атмосферу. Отделившиеся пары (вода) от раствора ДЭГа и отдувочный газ с верхней части Д через шлемовую трубу попадают в воздушный холодильник-конденсатор, где охлаждаются и переходят в жидкую фазу. Сконцентрировавшаяся жидкость и газы из холодильной установки стекают в Р. Часть рефлюксной жидкости подается насосами через клапан-регулятор на верх десорбера для его орошения. Избыток жидкости из Р сбрасывается в промышленную канализацию.

В испарителе регенерированный гликоль заполняет межтрубное пространство и по мере накопления переливается через перегородку в накопительный отсек, откуда насосом поток рДЭГа прокачивается через межтрубное пространство рекуперативного теплообменника, нагревая встречный поток насыщенного абсорбента, охлаждается и поступает в накопительную емкость регенерированного ДЭГа [2].

Устройство испарителя представлено на рис. 2.

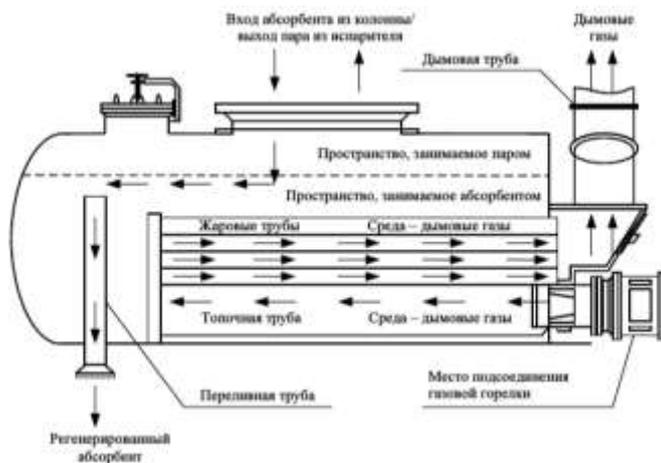


Рис. 2. Устройство испарителя

К топочной трубе испарителя подсоединяется газовая горелка, за счет которой происходит управление тепловыми процессами в аппарате. От газовой горелки в топочную трубу испарителя подается пламя, которое нагревает трубное пространство, и в итоге нагрева образуются дымовые газы, поступающие далее в жаровые трубы. Затем дымовые газы отводятся в атмосферу через дымовую трубу. Из насадочной секции ректификационной колонны стекает частично регенерированный абсорбент в межтрубное пространство испарителя. Дымовые газы нагревают стенки жаровых труб. Также благодаря отдаче тепла от стенок жаровых труб абсорбент нагревается до

заданной температуры. В результате нагревания абсорбента из него испаряется вода [3].

### III. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Построим математическую модель огневого испарителя динамики теплообмена для случая, когда накоплением теплоты в стенках аппарата пренебречь нельзя, так как одним из теплоносителей является газ и коэффициент теплопередачи небольшой. Для определенности выберем противоточный теплообменник, в котором теплоносители движутся в разных направлениях (дымовые газы в одном направлении, а абсорбент в другом), но параллельно друг другу. Испаритель рассматривается в роли объекта управления, так как нет возможности напрямую управлять тепловыми процессами в ректификационной колонне.

Данная модель строится с учетом следующих допущений [3]:

- продольное перемешивание в каждом из потоков теплоносителей отсутствует, т. е. физические среды в аппарате движутся в режиме идеального вытеснения;
- поперечное перемешивание в потоках теплоносителей считается идеальным. Это предположение позволяет разрабатывать одномерную ММ, в которой учитывается изменение температуры только по длине аппарата;
- термическое сопротивление стенок теплообменника сравнительно мало. Выполнение этого условия означает, что температура стенки  $T_{ст}(x, t)$ , разделяющей теплоносители, постоянна по толщине стенки.

### IV. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ИСПАРИТЕЛЯ

Модель в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных [3]:

$$\frac{\partial T_{дг}}{\partial t} = -v_{дг} \frac{\partial T_{дг}}{\partial x} - R_{дг} (T_{дг} - T_{ст});$$

$$\frac{\partial T_{в}}{\partial t} = v_{в} \frac{\partial T_{в}}{\partial x} + R_{в} (T_{ст} - T_{в});$$

$$\frac{dT_{ст}}{dt} = R_{дгст} (T_{дг} - T_{ст}) - R_{аст} (T_{ст} - T_{а}),$$

где  $v_{дг}$  и  $v_{в}$  – скорости дымовых газов и абсорбента (диэтиленгликоль);  $T_{дг}$ ,  $T_{а}$ ,  $T_{ст}$  – температуры дымовых газов, воды и стенки;  $R_{дг}$ ,  $R_{а}$ ,  $R_{дгст}$ ,  $R_{вст}$  – физико-технологические коэффициенты дымовых газов, абсорбента (диэтиленгликоль), стенки.

Граничные условия:

$$T_{а}(x, t)|_{x=0} = T_{а}^{вх}(t), T_{в}(x, t)|_{x=l} = T_{а}^{вх}(t),$$

$$T_{др}(x, t)|_{x=l} = T_{др}^{вх}(t), T_{др}(x, t)|_{x=0} = T_{др}^{вых}(t),$$

где  $l$  – длина аппарата.

Начальные условия:

$$T_{др0}(x) = T_{др}(x, t)|_{t=0}, T_{a0}(x) = T_a(x, t)|_{t=0}$$

Модель непрерывно-дискретного вида:

$$\frac{dT_{др_i}}{dt} = -\left(\frac{v_{др}}{h} + R_{др}\right)T_{др_i} + R_{др}T_{ст_i} + \frac{v_{др}}{h}T_{др_{i-1}};$$

$$\frac{dT_{a_i}}{dt} = -\left(\frac{v_a}{h} + R_a\right)T_{a_i} + R_aT_{ст_i} + \frac{v_a}{h}T_{a_{i-1}};$$

$$\frac{dT_{ст_i}}{dt} = R_{дрст}(T_{др_i} - T_{ст_i}) - R_{аст}(T_{ст_i} - T_{a_i}),$$

где  $h$  – шаг дискретизации вдоль оси  $x$ ,  $0 \leq i \leq 4$ .

Такое количество точек обусловлено тем, что пространство испарителя можно условно разбить на четыре сечения:

- начальная точка распространения дымовых газов;
- точка ввода жидкости в испаритель;
- точка ввода дымовых газов в трубы;
- точка вывода жидкости из испарителя.

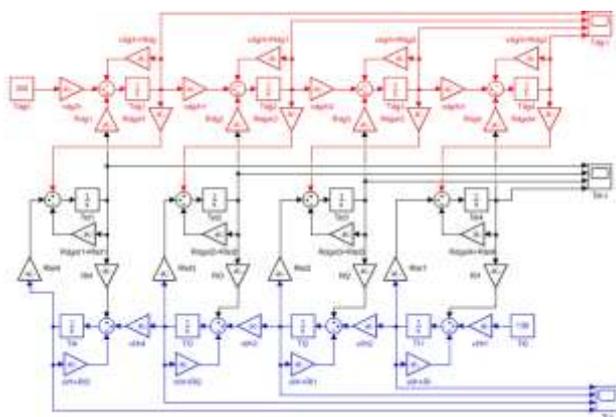


Рис. 3. Компьютерная модель испарителя

## V. СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПАРИТЕЛЯ

Целью управления испарительной установки (И) состоит в получении раствора заданной концентрации, а также в поддержании материального и теплового баланса.

Концентрация упаренного раствора зависит от расхода, температуры и концентрации исходного раствора, давления и расхода греющего пара, давления в выпарных аппаратах.

В соответствии с целью управления схемой автоматизации предусматривают регулирование концентрации упаренного раствора по подаче реагента.

Если требуется высокое качество регулирования, целесообразно применение схемы с байпасированием технологического потока вокруг теплообменника и последующим смешением нагретого и холодного потоков [4].

Метод байпасирования заключается в регулировании концентрации посредством водоперепускной заслонки. Положение заслонки влияет не только на расход, но и на температуру образующего пара [5].

В этом случае управляющим воздействием на объект управления (ОУ) – будет изменение концентрации упаренного раствора.

В роли датчика (З) выступает потенциометр, который необходим для получения требуемых величин сопротивлений.

Датчиком (Д) будет термопреобразователь сопротивления, у которого входным сигналом будет температура дымовых газов, а выходной величиной напряжение.

В качестве исполнительного механизма (ИМ) будет использоваться электродвигатель (сервопривод), который управляет водоперепускной заслонкой. При помощи сигнала, полученного от регулятора (Р), электродвигатель приводит в движение поршень, который перемещаясь через систему рычагов, устанавливает водоперепускную заслонку в соответствующее положение. Время перестановки заслонки определяется дросселем.

Регулирующим органом (РО) является заслонка, выходной координатой которого является изменение концентрации раствора.

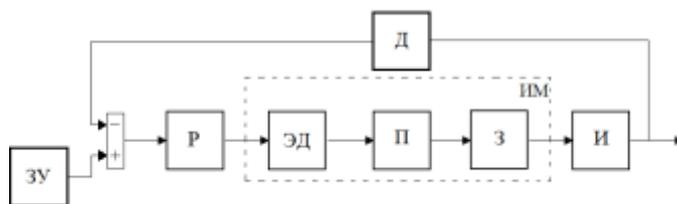


Рис. 4. Система управления методом байпасирования

По температуре абсорбента можно судить о концентрации кубового остатка. В технологическом процессе для осушки природного газа требуемая концентрация диэтиленгликоля восстанавливается при давлении технического вакуума и температуре 160 °С. Таким образом, работа системы регулирования температуры абсорбента в испарителе дает возможность поддерживать концентрацию диэтиленгликоля на установленном уровне.

## VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы был произведен анализ состояния в области автоматизации огневых испарителей. В процессе исследования проводился сбор и обработка информации по технологическим схемам и режимам работы блоков регенерации диэтиленгликоля, исследованы

теплообменные процессы в испарительном устройстве, осуществлена компьютерная схема объекта управления на основе математической модели и разработана система управления теплообменным процессом в программе MATLAB/Simulink.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Истомин В.А. Применение гликолей для абсорбционной осушки природных газов. Физико-химические аспекты / В.А. Истомин, М.В. Елистратов, А.В. Елистратов. М.: ИРЦ Газпром, 2004. 168 с. (Серия «Подготовка и переработка газа и газового конденсата»).
- [2] Салихов З.С. Работа установки регенерации ДЭГа в условиях падающего давления на УКПГ ЯГКМ / З.С. Салихов, Р.Х. Сулейманов, С.Д. Шиняев и др. // Технические решения по подготовке газа к транспорту на газовых и газоконденсатных месторождениях с падающей добычей: матер. НТС ОАО «Газпром». М.: ИРЦ Газпром. 2001. Т. II. С. 16–22.
- [3] Абрамкин С.Е., Душин С.Е. Моделирование управляемых процессов абсорбционной осушки природного газа. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 160 с.
- [4] Молчанов А.Ю. Технологические процессы и производства. Энергетика: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ, 2008 г. 360 с.
- [5] Физика и энергетика. Автоматизация технологических процессов и объектов. Автоматизация абсорбционных и выпарных установок. [Электронный ресурс] – URL: [https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635b2ad78a4c53b89421316c27\\_1.html](https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635b2ad78a4c53b89421316c27_1.html) (дата обращения: 20.09.2020)
- [6] Петров А.П. Автоматизация судовых энергетических установок: уч. пособие, 2011 г. 337 с.

## Исследование методов классификации в программе Orange

Н. Юсупов

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
nazar-y@mail.ru

А. Савельева

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
savelievaad@gmail.com

О. Г. Леонова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
olga-global@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается использование методов классификации в программе Orange на основе реальной базы данных.

**Ключевые слова:** методы классификаций; orange; алгоритмы классификаций

#### I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире ежегодно увеличивается рост объемов различной информации, впоследствии которую собирают, хранят, анализируют и т. д.

Известно, что с таким объемом информации не сможет совладать человек, поэтому на помощь ему пришли современные технологии, позволяющие делать различные операции вместо него. Например, операция анализа определенных «сырых» данных, в которых содержатся дополнительные знания, невидимые на первый взгляд, которые могут быть использованы при принятии решений. Для того чтобы провести автоматический анализ данных, используется Data Mining.

Data Mining – это процесс обнаружения в «сырых» данных, ранее неизвестных нетривиальных практически

полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [1].

Задачи, решаемые с помощью методов Data Mining [1]:

- **Классификация** – заключается в нахождении таких характеристик объекта, которые позволяют объяснить (предсказать) принадлежность объекта к тому или иному классу.
- **Регрессия**, в том числе задачи прогнозирования. Установление зависимости непрерывных выходных от входных переменных.
- **Кластеризация** – разделение исследуемого множества объектов на группы «похожих» объектов (кластеры). Чем больше похожи объекты внутри кластера и чем больше отличий между кластерами, тем точнее кластеризация.
- **Ассоциация** – задача поиска ассоциативных правил (сочетаний). Примером такой закономерности служит правило, указывающее, что из события X следует событие Y.

- **Последовательные шаблоны** – установление закономерностей между связанными во времени событиями, т.е. обнаружение зависимости, что если произойдет событие X, то спустя заданное время произойдет событие Y.
- **Анализ отклонений** – выявление наиболее нехарактерных шаблонов.

## II. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ДАННЫХ

### A. Пакет Orange

Orange – это компонентный программный пакет визуального программирования для визуализации данных, машинного обучения, интеллектуального анализа данных и анализа данных.

Компоненты Orange называются виджетами, и они варьируются от простой визуализации данных, выбора подмножества и предварительной обработки до эмпирической оценки алгоритмов обучения и прогнозного моделирования.

Визуальное программирование реализуется через интерфейс, в котором рабочие процессы создаются путем связывания предопределенных или созданных пользователем виджетов, в то время как опытные пользователи могут использовать Orange в качестве библиотеки Python для манипулирования данными и изменения виджетов [2, 3].

### B. База данных

Для начала необходимо скачать данные из [4]. Это сайт Центра машинного обучения и интеллектуальных систем Калифорнийского университета в Ирвине.

При выборе базы данных учитывались следующие особенности:

- Датасет должен быть многомерным.
- Решаемая задача – классификация.
- Типы атрибутов – категоричные.

На основе данных критериев был выбран датасет «Car Evaluation»

После скачивания выбранной базы данных и ее подготовки к анализу (проверка на пропуски, отбор показателей и т. д.), приступили к выполнению описания.

### C. Описание базы данных «Car Evaluation»

В данной работе представлена база данных оценки автомобилей за июнь 1997 год. Для каждого автомобиля выделяются 6 основных показателей качества (атрибутов):

- Цена покупки автомобиля (Buying): Очень высокая (v-high), высокая (high), средняя (med), низкая (low).
- Основная цена технического обслуживания (maintenance – сокращенно maint): Очень высокая (v-high), высокая (high), средняя (med), низкая (low).

- Количество дверей (doors): 2, 3, 4, 5, больше 5 (5-more).
- Количество пассажиров (persons): 2, 4, больше 4 (more).
- Размер багажного отделения (lug\_boot): маленький (small), средний (med), большой (big).
- Безопасность (safety): маленькая (low), средняя (med), большая (high).

По данным атрибутам выставлялась общая оценка качества автомобиля, картина выглядит следующим образом:

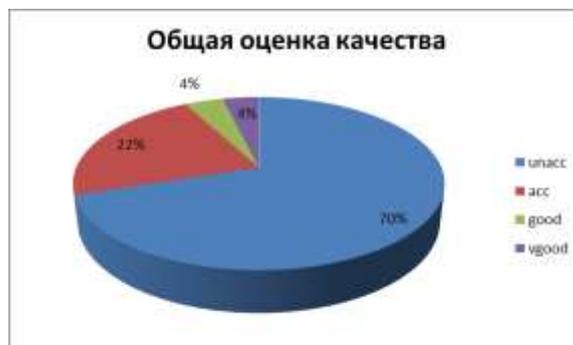


Рис. 1. Общая оценка качества автомобилей в долях

- Unacceptable (unacc) – неприемлемое качество.
- Acceptable (acc) – приемлемое качество.
- Good – хорошее качество.
- Very good (vgood) – отличное качество.

Всего было представлено 1728 образцов, из которых 1210 – неприемлемого качества или 70 % от общей выборки, 384 – приемлемого качества или 22 %, 69 – хорошего качества или 4 % и 65 – отличного качества или 4 % соответственно.

## III. КЛАССИФИКАЦИЯ

Для классификации собрали схему в пакете Orange, представленную на рис. 2.

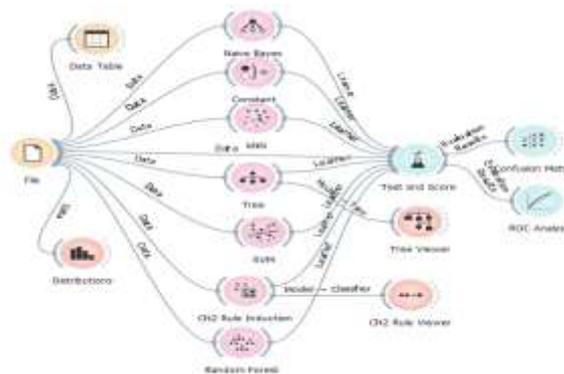


Рис. 2. Схема для классификации данных

Данная схема классифицировала автомобили по качеству, данные представлены на гистограмме (рис. 3).

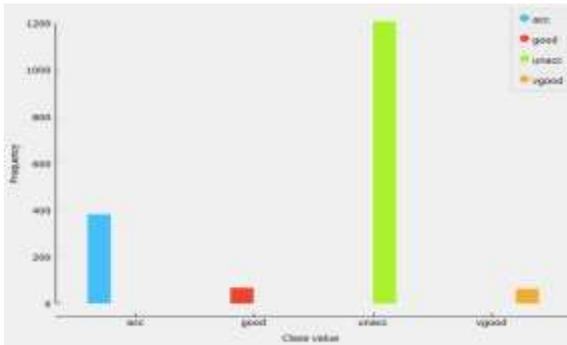


Рис. 3. Гистограмма распределения «общих оценок качества автомобилей» по объему выборки

Результаты одного из методов (метод Three – дерево) представлены на рис. 4.

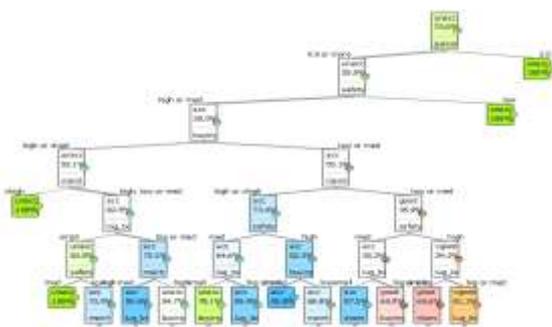


Рис. 4. Результат работы метода Tree

- При исследовании классификации методов в программе Orange, можно использовать несколько видов обучения выбранных методов (рис. 5, «колонна sampling» слева).
- Cross validation (Кросс-проверка) – Выборка делится на K частей. Для обучения используется K-1 частей, 1 часть для тестирования. Повтор обучения/тестирования K раз (параметр K = 5–10).
- Random sampling (Случайная выборка) – генерируется случайная выборка для обучения и тестирования из базы данных. Например, 70 % объектов попадают в обучающее множество, 30 % в тестирующее множество.
- Leave one out (полная кросс-проверка) – Повторение процедуры случайной выборки N раз. Обучающее множество состоит из N-1 объектов, тестирующее множество из 1 объекта.

На рис. 5 представлены результаты работы всех методов.

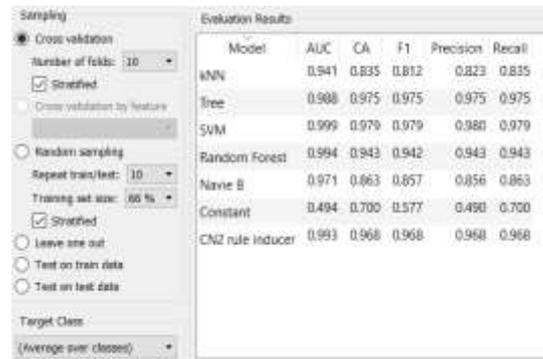


Рис. 5. Результат работы режима тестирования Cross validation

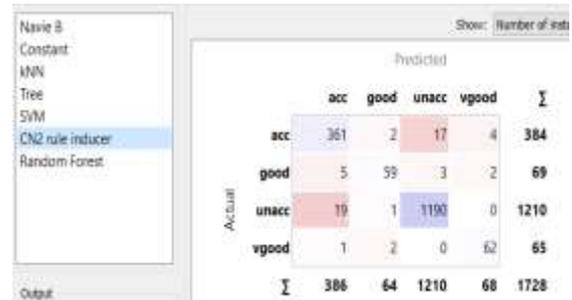


Рис. 6. Таблица истинности для метода CN2

Показатель точности классификации на рис. 5 представлен в виде CA (classification accuracy). Данный показатель получается путем суммы истинно-положительных примеров (TP – true positive) и истинно-отрицательных примеров (TN – true negative) по отношению к выборке N.

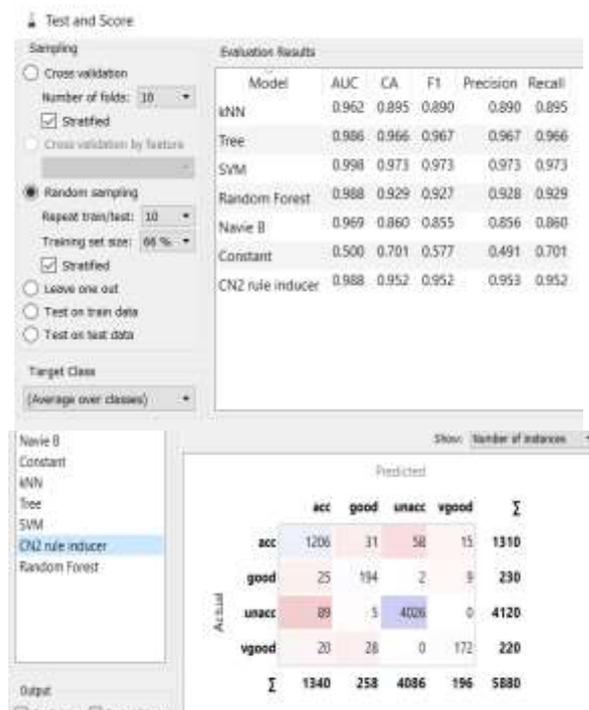


Рис. 7. Результат работы режима тестирования Random sampling и таблица истинности метода CN2

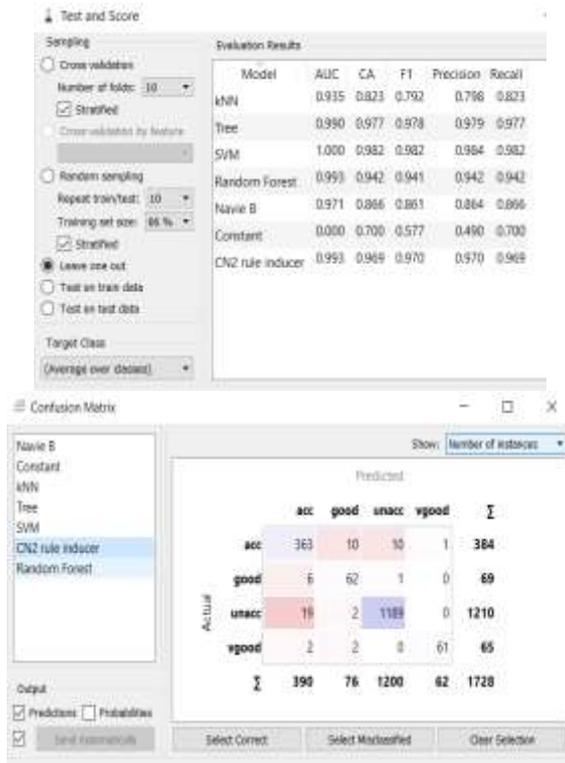


Рис. 8. Результат работы режима тестирования Leave one out и таблица истинности метода CN2

#### IV. ВЫВОДЫ

В работе была протестирована база данных автомобилей с помощью различных алгоритмов. Практически на всех результатах режимов работы, самым эффективным методом оказался SVM-метод, именно этот метод правильно классифицировал автомобили по качеству, давая в среднем, более 98,2 % точности. Чуть хуже, но примерно равные результаты между собой дали методы Tree, CN2 и Random Forest, около 97,7 %, 97,2 % и 95,1 % соответственно. Наименее эффективными методами показали себя: Naïve Bayes, kNN и Constant.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] BaseGroup Labs [Электронный ресурс]. – URL: <https://basegroup.ru/community/articles/data-mining#:~:text=Data%20Mining%20E2%80%93%20D1%8D%D1%82%D0%BE%20D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%20%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F,%D1%88%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B2%20Knowledge%20Discovery%20in%20Databases.> (дата обращения 28.08.2020)
- [2] Wikipedia [Электронный ресурс]. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Orange\\_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Orange_(software)) (дата обращения 28.08.2020)
- [3] Orange [Электронный ресурс]. – URL: <https://orange.biolab.si/> (дата обращения 28.08.2020)
- [4] UCI Machine Learning Repository [Электронный ресурс]. – URL: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets> (дата обращения 28.08.2020)

## Нахождение скрытых зависимостей в данных для улучшения качества классификации

А. Е. Лончина

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
sashalonchina@gmail.com

Н. Юсупов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
nazar-y@mail.ru

О. Г. Леонова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
olga-global@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности нахождения скрытых зависимостей в данных с помощью технологии интеллектуального анализа данных. Данная технология применена для прикладной задачи, целью которой является разработка модели для автоматизации процесса категоризации неприемлемых веб-страниц. Разработан прототип модели в соответствии с этапами Data Mining.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных; машинное обучение; модель; классификация; выборка

Непрерывный рост числа объемных и неструктурированных корпусов данных с каждым годом требует улучшения методов искусственного интеллекта, в частности методов машинного обучения для обеспечения наилучшего качественного анализа и корректной работы, в

том числе точной классификации и других задач. Точность и достоверность алгоритмов машинного обучения неизменно зависит от способности получения закономерностей и зависимостей в плохо структурированных данных.

В настоящее время выборки данных могут быть собраны различным путем, например, взяты с веб-сайтов, найдены в уже существующей коллекции, получены за определенную плату на онлайн-платформах и т. п. Источниками данных могут являться истории электронных транзакций, различные сметы, анкеты, обзоры и т. п. Нередко возникает необходимость классификации объемных и/или неструктурированных данных, собранных априори. Ввиду этого может возникнуть ситуация, когда существующий набор значений плохо подходит для эффективного разделения выборки по известным классам.

В ситуации такого рода можно анализировать композиции плохо работающих по отдельности методов, что не даст существенного прироста качества классификации. Можно начать повышать полезность выборки путем выявления скрытых зависимостей между признаками и на основе этого строить новые наборы признаков, которые, в свою очередь, могут улучшить качество классификации.

Специфика современных требований к анализу корпусов данных состоит в следующем: большой объем корпуса данных, разнородность данных, конкретные и понятные результаты после анализа, простые в использовании инструменты для анализа данных. Традиционный, приходящий на ум, инструмент – математическая статистика, ввиду использования концепции усреднения по выборке, которая приводит к операциям над фиктивными значениями анализируемых показателей (например, средняя температура тела больных по госпиталю), очевидно, не подходит [1].

Современные информационные технологии предлагают решение – инструмент Data Mining (русскоязычный термин – интеллектуальный анализ данных), позволяющий добывать скрытые (ранее неизвестные, практически полезные, нетривиальные, доступные для интерпретации) знания в данных.

Постановка задачи в области интеллектуального анализа данных ставится следующим образом: имеется достаточно большой корпус данных, предполагается, что в корпусе находятся некоторые скрытые данные. В основу данной технологии положена концепция паттернов, представляющих собой зависимости, характерные подвыборкам данных, которые, в свою очередь, могут быть представлены в интуитивно понятной пользователю форме. Поиск паттернов производится методами, не ограниченными структурой выборки и видом распределений значений анализируемых признаков. Сфера применения технологии интеллектуального анализа данных не ограничена, технология находит свое применение, начиная от массовых продуктов для бизнес-приложений, заканчивая инструментами для проведения уникальных исследований в химии, медицине, генетике и т. п. [1].

Для полного понимания данного инструмента стоит разделять его на несколько этапов: анализ предметной области, постановка задачи, сбор данных, построение модели и применение модели. Сталкиваясь с технологией интеллектуального анализа данных в практических задачах, нередко возникают проблемные ситуации в применении технологии и ее этапов к анализируемым данным, например, как правильно выполнить сбор данных, какое программное обеспечение использовать для преобразования данных в структурированную и ценную информацию, какие алгоритмы машинного обучения можно использовать и т. п. Для этого опишем применение технологии Data Mining в реальной прикладной задаче. В качестве примера возьмем исследовательскую работу, выполненную в бакалавриате, целью которой является разработка модели для автоматизации процесса категоризации неприемлемых веб-страниц. Процесс интеллектуального анализа данных не так прост, в реальном сценарии на каждом этапе анализа данных возникает ряд проблем, но наряду с этим при правильном выполнении всех этапов это может привести к извлечению полезной информации [2].

Любой пользователь сети Интернет с большой вероятностью встретит в ней нежелательную или вредоносную информацию. Эта информация может располагаться на самых разнообразных веб-ресурсах – новостных сайтах, социальных сетях, обучающих системах. Задача ИТ-специалиста – оградить пользователя от доступа к некорректной информации в сети Интернет. Потенциально опасные угрозы для детей и подростков: интернет-ресурсы, содержащие материалы эротического характера, призывающие к насилию, пропагандирующие алкоголь, наркотики, оружие и т. п. Также существуют потенциальные угрозы для всех типов пользователей, например, нелегальное и/или вредоносное программное обеспечение. Поэтому проблема защищенности от неприемлемой информации приобретает все большую актуальность [2].

На этапе анализа предметной области необходимо ограничить область реальной действительности для исследования и описания или моделирования [3]. В качестве предметной области было выбрано множество веб-страниц в Интернете, найденное в Яндекс каталоге, преимуществами которого являются жесткие правила отбора сайтов, а также ручное добавление веб-страниц в каталог [2].

На этапе постановки задачи необходимо определить, что является целью исследования в рамках выбранной предметной области [3]. Задачей является определение наличия некорректной информации на веб-странице, используя средства Data Mining, решить поставленную задачу можно путем соотнесения содержимого веб-страницы к категории, которая может быть запрещена [2].

Этап сбора данных включает в себя определение источников для анализа, объединение, очистку данных (удалении ошибочных, устаревших или отсутствующих значений параметров, численных преобразованиях, удалении дубликатов данных) [3]. Данные для анализа

могут располагаться на бумажных носителях, в различных базах или серверах, в электронных таблицах или других возможных форматах. В нашем случае создается выборка из неструктурированных данных: множество веб-страниц в Интернете, заведомо верно отнесенное к какой-либо категории. Для получения выборки с большим количеством веб-страниц, выбирается такой каталог, в котором список сайтов доступен к скачиванию. Выбранный Яндекс каталог удовлетворяет этому требованию. Важным фактором в Data Mining является использование атрибутов. На веб-ресурсах в качестве атрибутов можно выбрать теги, URL страницы и т. п. [2].

На этапе построения модели с помощью созданной структуры данных создается модель, которая может проходить обучение, заключающееся в применении алгоритмов машинного обучения к обучающему набору данных. После обучения в построенной модели сохраняются выявленные закономерности [3]. Для осуществления процесса построения модели требуется подготовить неструктурированные данные в виде векторов для обучения модели. На обучающем наборе данных создается и обучается модель интеллектуального анализа данных. В качестве критерия обучения модели выступает кросс-валидация. Всю выборку разделяют на две: тестовую и обучающую. Обучающая выборка включает данные, используемые для обучения модели. Тестовая выборка содержит входные и выходные значения, выходные значения используются для проверки работоспособности модели. Для полученных выборок выполняется обучение на алгоритме машинного обучения. Интеллектуальный анализ подразумевает решение задачи классификации – отнесения объекта к одной из категорий на основании его признаков. Задача классификации использует такие алгоритмы машинного обучения, как: метод опорных векторов, наивный Байесовский классификатор, метод k-ближайших соседей, дерево решений и т. д. Данные алгоритмы могут быть применены для обучения модели [2].

На этапе применения модели требуется оценить качество работы созданной модели, которое можно оценить на тестовом наборе данных, для которого уже известно значение прогнозируемого параметра: данный критерий проверяется на тестовой выборке веб-страниц с попытками достичь максимальной точности сопоставления веб-страницы и категории [2].

Процесс выявления закономерностей, анализа данных, которые используются для принятия решений, не осуществляется без использования специального программного обеспечения. Оно позволяет анализировать данные из широкого спектра информации, представленной в каком-либо виде (базы данных, хранилища данных и т. д.) и выявлять закономерности. Основная цель программного обеспечения, решающего задачи Data Mining – найти, извлечь, уточнить данные и т. д. К бесплатным программным продуктам относятся: Orange Data Mining, Weka Data Mining, RapidMiner Starter Edition, GNU Octave, программная среда R, Scikit-learn и др. Для работы с данными было выбрано программное решение RapidMiner. Мощные функции программного продукта для

подготовки данных, а также их обработки, наглядность процесса анализа данных, реализация алгоритмов машинного обучения и многие другие инструменты помогут обеспечить эффективное применение технологии Data Mining [2].

Архитектура предлагаемого прототипа, в соответствии с этапами интеллектуального анализа данных, описанных ранее, приведена далее (рис. 1) [2].

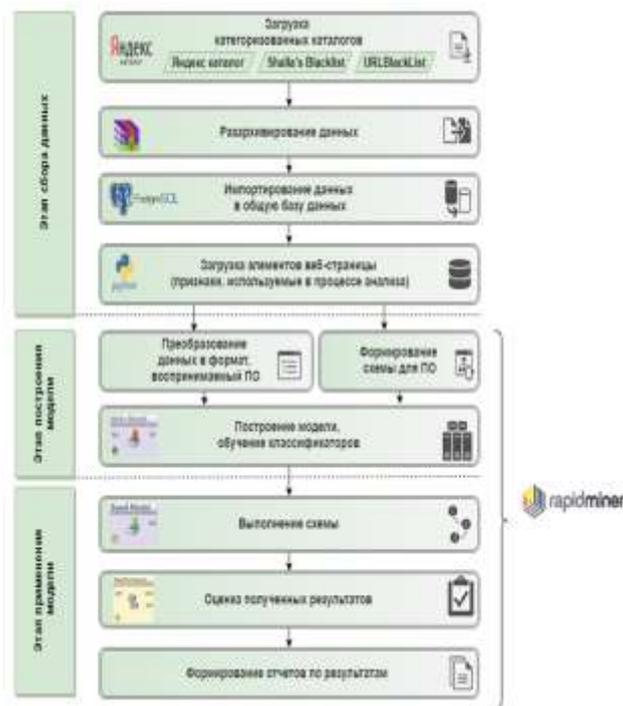


Рис. 1. Предлагаемый прототип в соответствии с этапами Data Mining

Для упрощения процесса сбора данных разработан программный продукт на языке Python, было загружено 15100 сайтов, обучающая выборка составила 70 %, тестовая – 30 %. Модели классификации были применены на ранее загруженных веб-страницах и классифицировали данные по восьми категориям. Для оценки качества работы модели было протестировано 3 алгоритма машинного обучения: Naive Bayes, Decision Tree, SVM. Результаты применения алгоритмов машинного обучения (табл. 1) [2]:

ТАБЛИЦА 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Алгоритм/метрика	Точность, %	Полнота, %	F-мера, %	Аккуратность, %
Naive Bayes	57,17	62,23	60,1	72,68
Decision Tree	81,84	65,44	69,3	79,1
SVM	82,2	66,5	71,7	81

Наилучшим алгоритмом по четырем метрикам (точность, полнота,  $f$ -мера, аккуратность) является метод опорных векторов (SVM) [2].

Таким образом, на основе интеллектуального анализа данных был разработан прототип модели для категоризации неприемлемых веб-страниц, с возможностью определения одной из восьми категорий, с оценкой точности 82,2 %, в соответствии с этапами Data Mining. Это показывает эффективность применения технологии Data Mining для улучшения качества классификации [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] iTeam [Электронный ресурс]. – URL: <https://blog.iteam.ru/data-mining-intellektualnyj-analiz-dannyh/> (дата обращения 26.11.2019)
- [2] Лончина А.Е. Разработка системы категорирования интернет-ресурсов с использованием интеллектуального анализа данных: ВКР, студентка. СПбГЭТУ «ЛЭТИ» 2019. 69 с.
- [3] Интеллектуальный анализ данных // elibrary [Электронный ресурс]. – URL: [http://elibrary.sgu.ru/uch\\_lit/1141.pdf](http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1141.pdf) (дата обращения: 28.04.2019)

# Реализация нейронной сети для прогнозирования температуры

Н. Юсупов

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
nazar-y@mail.ru

А. Савельева

Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
savelievaad@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассказывается о реализации нейронной сети для прогнозирования температуры. Какие задачи позволяет решить использование нейронных сетей на основе многослойного персептрона (MLP), у которого математической моделью является полином.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, прогнозирование температуры, многослойный персептрон, полином

## I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире задачи прогнозирования находят широкое распространение в сфере метеорологии, в исследованиях поведения котировок на бирже, оценки работы установок на предприятиях. Облегчить эту задачу возможно благодаря использованию нейронных сетей, основой которых является многослойный персептрон.

Искусственной нейронной сетью (ИНС) называют математическую модель, либо программную реализацию принципа формирования и функционирования биологических нейронных сетей живого организма.

ИНС образует собой систему простых процессоров, которые взаимодействуют между собой. Функции каждого процессора заключаются в периодическом получении и отправке сигналов. Несмотря на довольно простой функционал, соединённые в большую сеть взаимодействия, которая имеет управление, такие индивидуально простые процессоры выполняют весьма сложные задачи [1].

## II. ОПИСАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ MLP

Многослойным персептроном (MLP) называют нейронную сеть, которая не имеет обратных связей (прямое распространение сигнала). Входной сигнал переходит в выходной, последовательно пересекая несколько слоев.

Ниже представлен рис. 1, на котором показана нейронная сеть на основе MLP. Данная сеть формирует собой систему связанных между собой нейронов, каждый из которых имеет функцию активации.

Искусственная нейронная сеть состоит из трех компонентов (рис. 1):

- входной слой;
- скрытые (вычислительные) слои;
- выходной слой.

Под процессом обучения нейронной сети понимают итеративную последовательность операции расчета выходных сигналов сети и дальнейшего изменения весов связей. Корректировка весов связей в сетях на основе MLP обычно проводится через алгоритм обратного распространения ошибки, в котором обработка весов связей происходит по направлению минимизации шкалы ошибки. Ошибка прогноза при обучении равна разности сигнала на выходе сети и эталонного значения выхода, соответствующего входным данным.

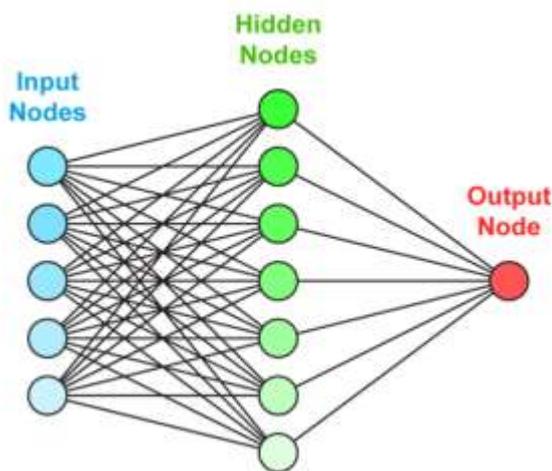


Рис. 1. Структура нейронной сети

Для достижения более точных результатов обучения нейронной сети необходимо провести предварительное отображение входных данных по указанному диапазону [0; 1]. Ошибка прогноза при обучении равна разности сигнала на выходе сети и эталонного значения выхода, соответствующего входным данным [3].

### III. НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Обучение нейронной сети для прогноза необходимо начать с загрузки данных температуры за определённый промежуток времени, можно использовать различные подвыборки данных (например, данные за год; среднее значение за день). Далее выполняется анализ, а именно оценка корреляции с температурой других показателей, визуализация динамических изменений значений на разных временных промежутках (день, пять дней, год).

Для прогноза температуры можно выбрать, как классическую нейронную сеть, так и рекуррентную.

Данные для временных рядов погоды были зарегистрированы на метеостанции в Институте биогеохимии им. Макса Планка в Йене, Германия. В наборе данных были зарегистрированы 14 величин, таких как: температура воздуха, направление воздушных потоков, влажность, атмосферное давление и др. Сбор информации проводился каждые 10 минут на протяжении нескольких лет. Построение данной нейронной сети было ограничено данными за 2009–2016 гг. Из этого можно сделать вывод, что за сутки было сделано 144 измерения.

Далее необходимо приступить к построению классической нейронной сети для прогноза температуры.

На рис. 2 представлен вид нейронной сети для прогнозирования температуры.

Данная нейронная сеть строилась в программе Rstudio.

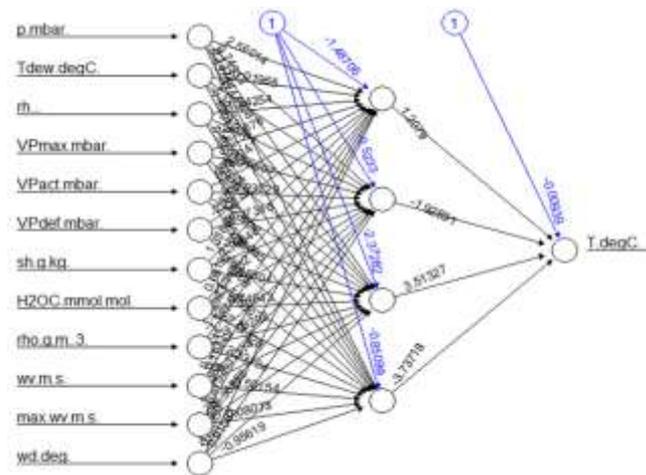


Рис. 2. Нейронная сеть с одним скрытым слоем

На рис. 3, 4 и 5 представлены графики изменения температуры за 5 дней, месяц и год. Красным цветом представлены предсказанные значения, синим — изначальные.

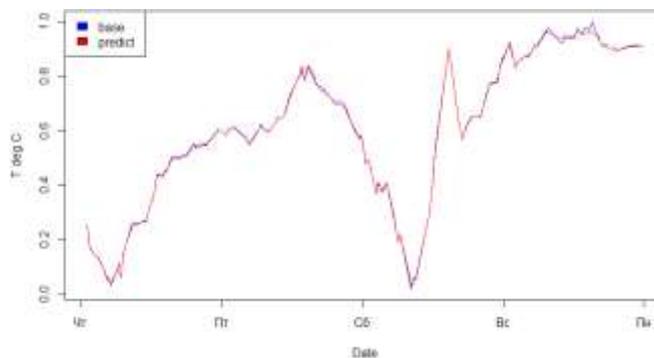


Рис. 3. Изменение температуры за 5 дней

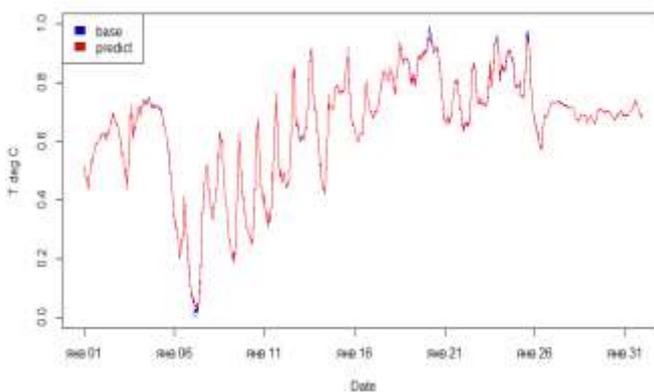


Рис. 4. Изменение температуры за месяц

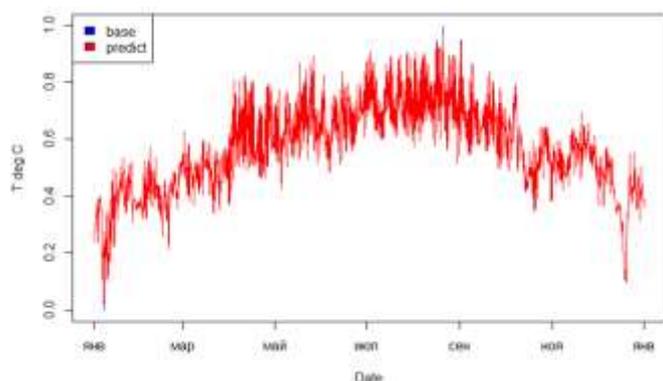


Рис. 5. Изменение температуры за 2009 год

Ошибка прогноза при обучении равна разности сигнала на выходе сети и эталонного значения выхода, соответствующего входным данным. Подсчет ошибки во всех случаях имеет одинаковый принцип. За каждый сет расчёт ошибки производится путем отнятия от идеального ответа, тот который получили. Далее, либо возводим в квадрат, либо вычисляем квадратный тангенс из этой разности, после чего полученное число делим на количество сетей [2].

В таблице представлены значения ошибок.

ТАБЛИЦА I ЗНАЧЕНИЯ ОШИБОК

Date	Hidden	MSE	R2	MAE
5 дней	4	3.4518e-05	-7.569921e+27	0.01124381
	c(4:6)	0.0001734993	-3.804901e+28	0.01266573
Месяц	4	2.099789e-05	-2.094633e+27	0.003446889
	c(4:6)	1.427267e-05	-1.423762e+27	0.002388099
Год	4	2.115084e-06	-1.598167e+23	0.0003166798
	c(4:6)	2.687335e-06	-5.82154e+23	0.0006161032

Hidden – означает скрытые слои. Hidden = 4 говорит о том, что существует 1 скрытый слой с 4-я нейронами. Hidden = c(4,6) – 2 слоя, в первом скрытом слое 4 нейрона, во втором 6.

График прогноза доказывает применимость нейронных сетей на основе MLP для прогнозирования метеорологических показателей. Для улучшения качества прогноза планируется введение нечеткой логики – модифицирование структуры сети добавлением слоя нечетких нейронов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Wikipedia [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 16.12.2019)
- [2] Habr [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com> (дата обращения 16.12.2019)
- [3] NeuroHive [Электронный ресурс]. – URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/osnovy-nejronnyh-setej-algoritmy-obuchenie-funkcii-aktivacii-i-poteri/> (дата обращения 16.12.2019)
- [4] Troger [Электронный ресурс]. – URL: <https://tproger.ru/translations/neural-network-zoo-1/> (дата обращения 16.12.2019)

# Исследование методов кластеризации в программе Orange

Н. Юсупов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
nazar-y@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматривается использование методов кластеризации в программе Orange на основе реальной базы данных.

**Ключевые слова:** методы кластеризации; orange; алгоритмы кластеризации

## I. ВВЕДЕНИЕ

По определению **кластеризация** – это разделение исследуемого множества объектов на группы «похожих» объектов (кластеры). Чем больше похожи объекты внутри

кластера и чем больше отличий между кластерами, тем точнее кластеризация [1].

Она применяется в различных прикладных областях: сегментация, маркетинг, анализ текстов, прогнозирование и т. д. [2]. Помимо этого кластеризация используется для:

- группировки результатов поиска;
- сокращения выборки за счет выбора кластеров;
- поиска схожих свойств и характеристик объектов.

В Data Mining кластеризация выступает в роли одного из этапов анализа данных. Например, когда необходимо выделить группы схожих объектов, изучить их, выделить специфику каждой группы и спроектировать для них соответствующие модели. Другими словами произвести некую декомпозицию для упрощения анализа данных, ведь это проще, чем построить общую модель для всех данных [2].

Существует 2 типа алгоритмов кластеризации [2]:

- иерархические;
- неиерархические.

В результате иерархической кластеризации строится полное дерево вложенных кластеров. Они обеспечивают сравнительно высокое качество кластеризации и не требуют предварительного задания количества кластеров [2].

Неиерархические основаны на оптимизации некоторой целевой функции, определяющей оптимальное в определенном смысле разбиение множества объектов на кластеры. Например, такие алгоритмы как: k-means, fuzzy c-means и др.[2].

В работе в качестве иерархической кластеризации использовался блок «Hierarchical Clustering» и алгоритм k-means для неиерархической (рис. 1).

## II. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ

В качестве датасета будем использовать «Car Evaluation» из [3]. Описание данной базы данных представлено в [4].

Построим схему для кластеризации в пакете Orange и покажем ее на рис. 1.

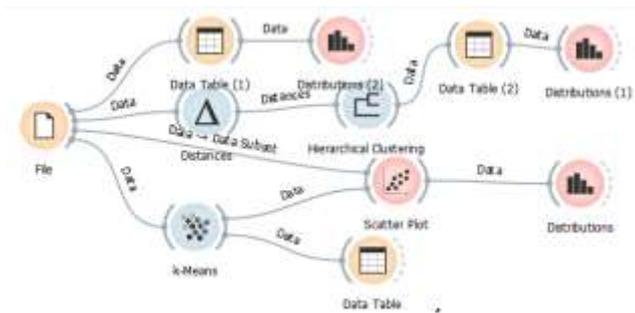


Рис. 1. Схема для кластеризации данных

Представим на рис. 2 полученное дерево кластеров для иерархической кластеризации.



Рис. 2. Дерево кластеров иерархического алгоритма

На рис. 3 отобразим распределение объектов по кластерам для иерархической кластеризации. Аналогично сделаем это и для неиерархической кластеризации на рис. 5. На рис. 4 и 6 получим результаты кластеризации для обоих алгоритмов.

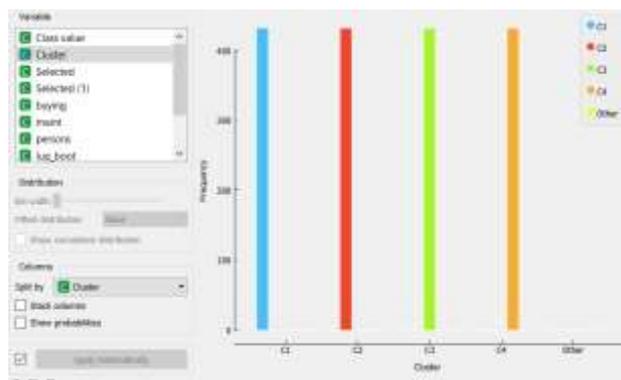


Рис. 3. Гистограмма распределения объектов по кластерам, для иерархической кластеризации

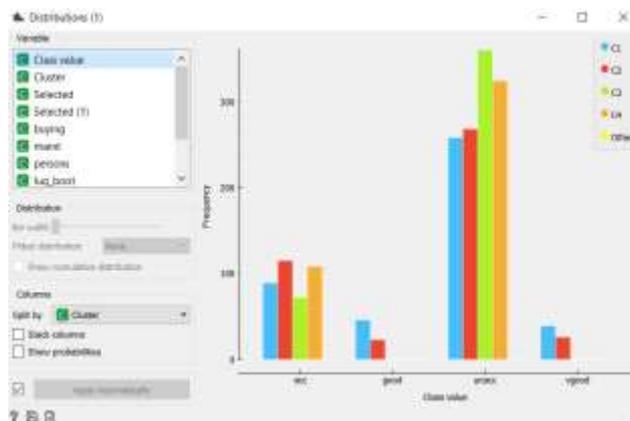


Рис. 4. Гистограмма распределения объема выборки по классам, для иерархической кластеризации

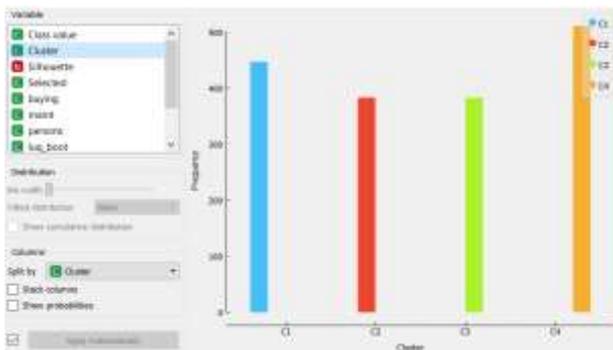


Рис. 5. Гистограмма распределения объема выборки по кластерам, для метода k-средних

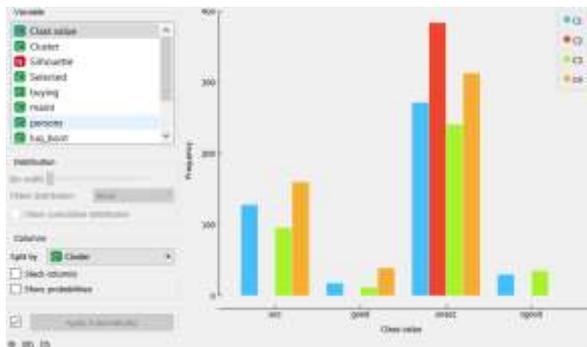


Рис. 6. Гистограмма распределения объема выборки по классам, для метода k-средних

Как видно из рис. 4 и 6, можно сделать вывод о том, что алгоритмы кластеризации не справились с поставленной задачей в полном объеме.

### III. ВЫВОДЫ

В ходе исследования была собрана схема для кластеризации базы данных «Car Evaluation» различными типами алгоритмов. Опытным путем и на основании полученных визуальных данных установлено, что оптимального алгоритма кластеризации не существует и в данной работе видно различие работы иерархических и неиерархических методов. В связи с тем, что существуют множество алгоритмов кластеризации с различными видами настроек, можно предположить о неверном выборе алгоритмов и/или их настройки в процессе работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] BaseGroup Labs [Электронный ресурс]. – URL: <https://basegroup.ru/community/articles/data-mining#:~:text=Data%20Mining%20E2%80%93%20D1%8D%D1%82%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%20%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B0%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F,%D1%88%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%B2%20Knowledge%20Discovery%20in%20Databases.> (дата обращения 28.08.2020)
- [2] Loginom [Электронный ресурс]. – URL: <https://loginom.ru/blog/data-mining-clustering> (дата обращения 28.08.2020)
- [3] UCI Machine Learning Repository [Электронный ресурс]. – URL: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets> (дата обращения 28.08.2020)
- [4] Юсупов Н., Савельева А., Леонова О.Г. Исследование методов кластеризации в программе Orange // Молодежная школа-семинар по проблемам управления в технических системах имени А.А. Вавилова: сб. докладов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020 г.

Кафедра автоматки и процессов управления  
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д.5, корп.1, пом. 1204  
+7 812 234-37-98

