

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕР-ФИЗИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

В.О. Кошевой, А.Г. Лаврикова, Е.С. Леонова, О.Б. Порохняк (ООО "Автоматика-сервис"),
В.В. Гутер (АО "Газпромнефть-МНПЗ")

Моделирование состояний подразумевает под собой выделение обособленных групп данных из информации об объекте. В работе показана применимость понятия «состояние» к нефтеперерабатывающей установке. Продемонстрированы математические способы выделения состояний, предложено новое понятие стабильного состояния. Показана возможность интерпретации выделенных состояний через показатели качества выпускаемой продукции.

Ключевые слова: кластеризация, состояния работы установки, виртуальные анализаторы качества, граф состояний, стабильность состояния.

Введение

С развитием и модернизацией систем управления технологическими процессами в нефтепереработке появляются новые возможности применения математических методов, которые ранее были мало доступны из-за ограничений вычислительных мощностей и архитектур систем. В частности, применительно к системам объемного оптимизационного планирования или системам усовершенствованного управления сложившаяся практика предполагала усреднение исходных данных на больших временных интервалах для повышения робастности моделей, используемых в этих системах [1]. Это позволяло осуществлять сбор информации для разработки моделей однократно, давало широкие возможности для использования ретроданных, а последующий сбор информации от объекта классифицировать как дополнительную калибровку для уже разработанных или используемых моделей. Примером таких моделей могут служить модели виртуальных анализаторов, корректируемых с помощью bias [2]. Данный подход был обоснован ввиду значительных трудозатрат на сбор данных для моделирования, а также возможностей самих программно-аппаратных средств, которые не могли работать с большими объемами разнородной информации (big data) и предлагать широкий спектр аналитических инструментов. Однако именно это приводило к потере значимой информации о состоянии объекта в разные периоды наблюдения за ним (в момент разработки модели и в дальнейшем периоде использования этой модели), в то время как именно состояние объекта во многом определяет точность моделей и адекватность систем [3]. Таким образом, для некоторых автоматизированных систем, которые оперируют моделями

процессов, приходилось сознательно уменьшать значимость фактора текущего состояния, исключая его из модели.

С учетом роста технической состоятельности появляется устойчивый интерес со стороны заказчика использовать больше математических методов с целью построения более адекватных бизнес-процессов планирования, исполнения, контроля и аналитики корректирующих воздействий (Plan-Do-Check-Act).

Многообразие параметров технологического режима, состояние оборудования, аналитический контроль, плановые значения и другие факторы определяют состояние установки в каждый момент времени, начиная с момента ввода ее в эксплуатацию. Накопленные опытным путем данные позволяют персоналу оценить текущее состояние установки, соотнести его с прежними параметрами и сделать выводы о протекании процесса, предпринять при необходимости корректирующие воздействия для возврата процесса к требуемым границам. Развитие математических и статистических методов, а также ежегодно возрастающие мощности вычислительной техники и средств хранения информации позволяют проводить такую аналитику на ретроспективных данных и выполнять построение моделей на основании кластерного анализа, в том числе в реальном времени.

В статье [4] рассматривается работа системы PLANGE для энергетических установок. Система является наследником SIPE-2 и построена на базе систем интерактивного планирования и мониторинга исполнений. Алгоритм использует Хорновские дизъюнкты для определения фактов, правил и целей модели. Таким образом, система идентифицирует состояния как набор дискретных фактов об установке.

Авторами [5] выполнена работа по проверке адекватности данных, получаемых с нефтеперерабатывающих установок. Опробованы методы обнаружения грубых ошибок и выявления аномалий с использованием методов кластеризации DBSCAN и идентификации состояний работы установок.

Исследователями [6] дано определение состояний работы системы через ядерную оценку плотности критических параметров, которые, по мнению авторов, позволяют управлять процессом. Используются алгоритмы дискриминантного анализа (MDA) для идентификации текущего состояния работы, регрессионная модель динамических главных компонент (DPCR) для обнаружения переходов между состояниями. Дано определение стабильного состояния (Steady-state mode) во время которого не происходит существенных изменений критических переменных процесса, конфигурации технологической схемы и т.д. Авторы вводят понятие индекса оптимальности процесса и используют метод MPPCR для выделения стабильных и переходных состояний. Предложено обнаружение причин для неоптимальных состояний при помощи алгоритма последовательного прямого плавающего поиска (SFFS).

Описание исследования

Предметом исследования данной работы является оценка применимости статистических методов для идентификации состояний установки каталитического крекинга Г-43-107 АО «Газпромнефть-МНПЗ» на ретроданных в совокупности с интерпретацией найденных состояний с технологической обоснованностью.

Установку можно технологически разделить на три связанные материальными потоками секции: секция гидроочистки, секция каталитического крекинга и фракционирования, секция абсорбции и фракционирования жирного газа. Для более детального представления каждую секцию можно разбить на технологические блоки, представленные определяющим оборудованием (табл. 1).

Исходным набором данных послужила выборка, состоящая из контролируемых и манипулируемых параметров базового регулирования системы АСУТП. Размер выборки составил 647 дней с частотой дискретизации данных 1 час для 101 параметра технологического режима (1 568 328 значений). Отдельным параметром, не участвующим в расчетах, является плотность входного сырья. Отсутствие непрерывного измерения качества входного потока не позволяет использовать этот параметр наравне с технологическими параметрами.

Большой объем накопленных исторических данных и многообразие описательных технологических параметров процесса

неизбежно приводят к избыточности информации для моделирования. Классическим путем решения данной проблемы является понижение размерности данных математическими алгоритмами с целью увеличения производительности расчетов с сохранением высокого процента полезной информации и визуального облегчения работы с моделью.

Для понижения размерности данных и для их визуализации в двух- и трехмерных пространствах был использован алгоритм стохастического вложения соседей с t -распределением (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding, t-SNE). Алгоритм моделирует каждый объект высокой размерности двух- или трехмерной точкой таким образом, что похожие объекты моделируются близко расположенными точками, а непохожие точки моделируются с большой вероятностью точками, отстоящими далеко друг от друга. Он позволяет получить разметку для дальнейшей кластеризации и обучения классификатора. Исследование [7] представляет технологию t-SNE как новый способ визуализации многомерных данных, а также демонстрирует преимущества этого метода в визуализации перед другими почти на всех представленных наборах данных. В то же время время однократное исполнение алгоритма занимает значительное время. Учитывая тот факт, что результат зависит от различных коэффициентов (перплексия, число итераций, момент и др.), поиск этих гиперпараметров по сетке (Grid Search) многократно увеличивает время расчета.

На вход алгоритма t-SNE подавались преобразованные значения параметров технологического режима, присущие соответствующему блоку. Преобразование данных сопровождается обнаружением и исключением аномальных значений методом квантильного распределения и восстановления пропусков в наборе данных методом интерполяции для сохранения непрерывности информации, а также

Таблица 1. Технологические блоки установки каталитического крекинга Г-43-107

№	Технологический блок	Число параметров, ед.	Секция установки
1	Сырьевая печь и реактор гидроочистки	10	Секция гидроочистки
2	Сепарация и печь гидрогенизата	12	
3	Отпарная колонна гидрогенизата	10	
4	Реакторно-регенераторный блок каталитического крекинга	16	Секция каталитического крекинга
5	Основная фракционирующая колонна	23	
6	Абсорбер жирного газа	10	Секция абсорбции и фракционирования жирного газа
7	Отпарная колонна нестабильного бензина	13	
8	Пропановая колонна	7	

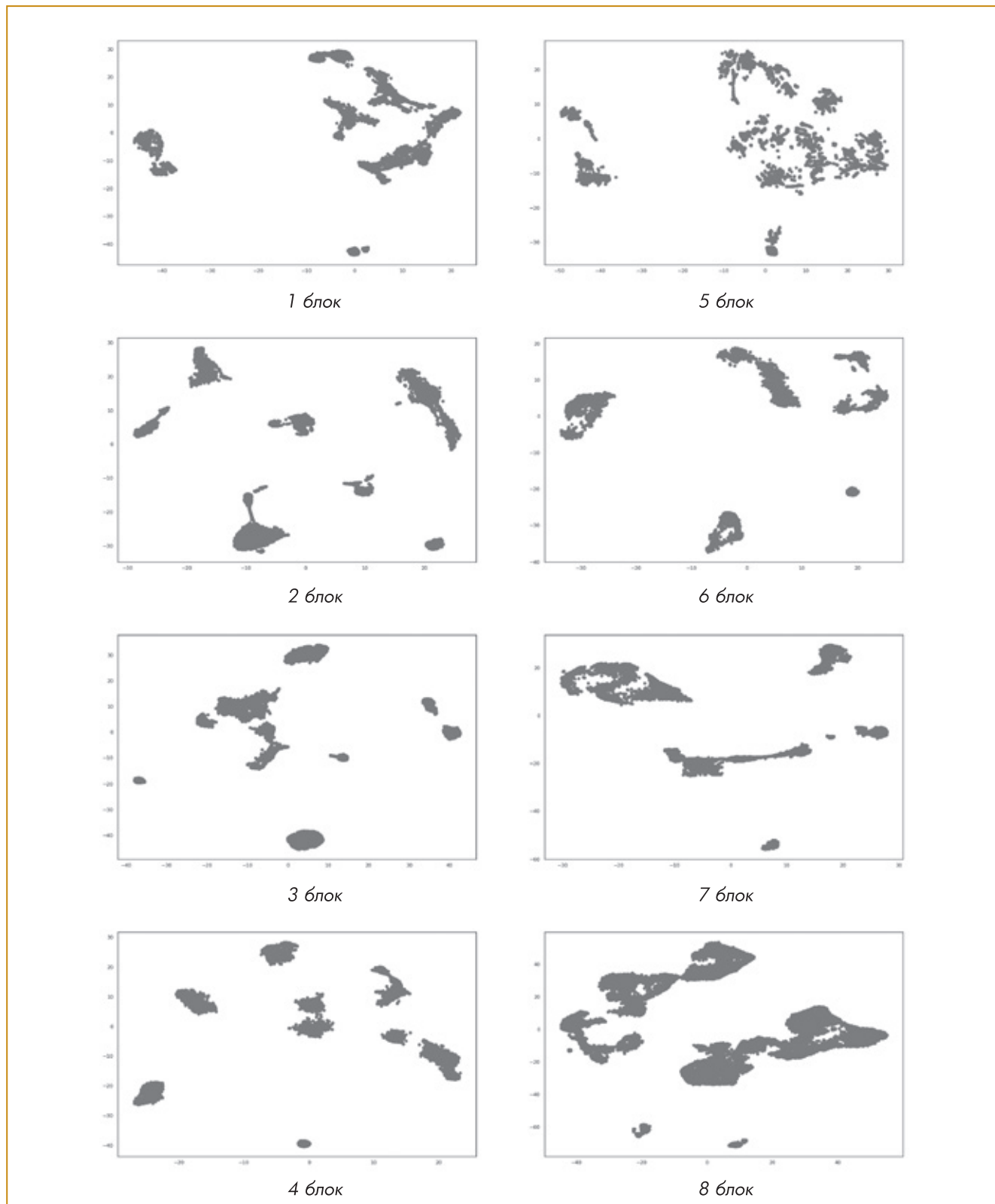


Рис. 1. Результат двумерной проекции многомерного пространства на плоскость после преобразования *t*-SNE

масштабированием данных алгоритмом *MinMaxScaler* в диапазоне 0...1. Использование *MinMaxScaler* обосновывается тем, что данный алгоритм ликвидирует превосходство одних параметров над другими за счет высокой разницы абсолютных значений. Примерное время исполнения алгоритма с учетом поиска гиперпа-

метров для каждого технологического блока составило около 12 ч.

Последовательные расчеты для каждого из восьми технологических блоков представляют проекцию многомерного пространства на двумерную поверхность (рис. 1).

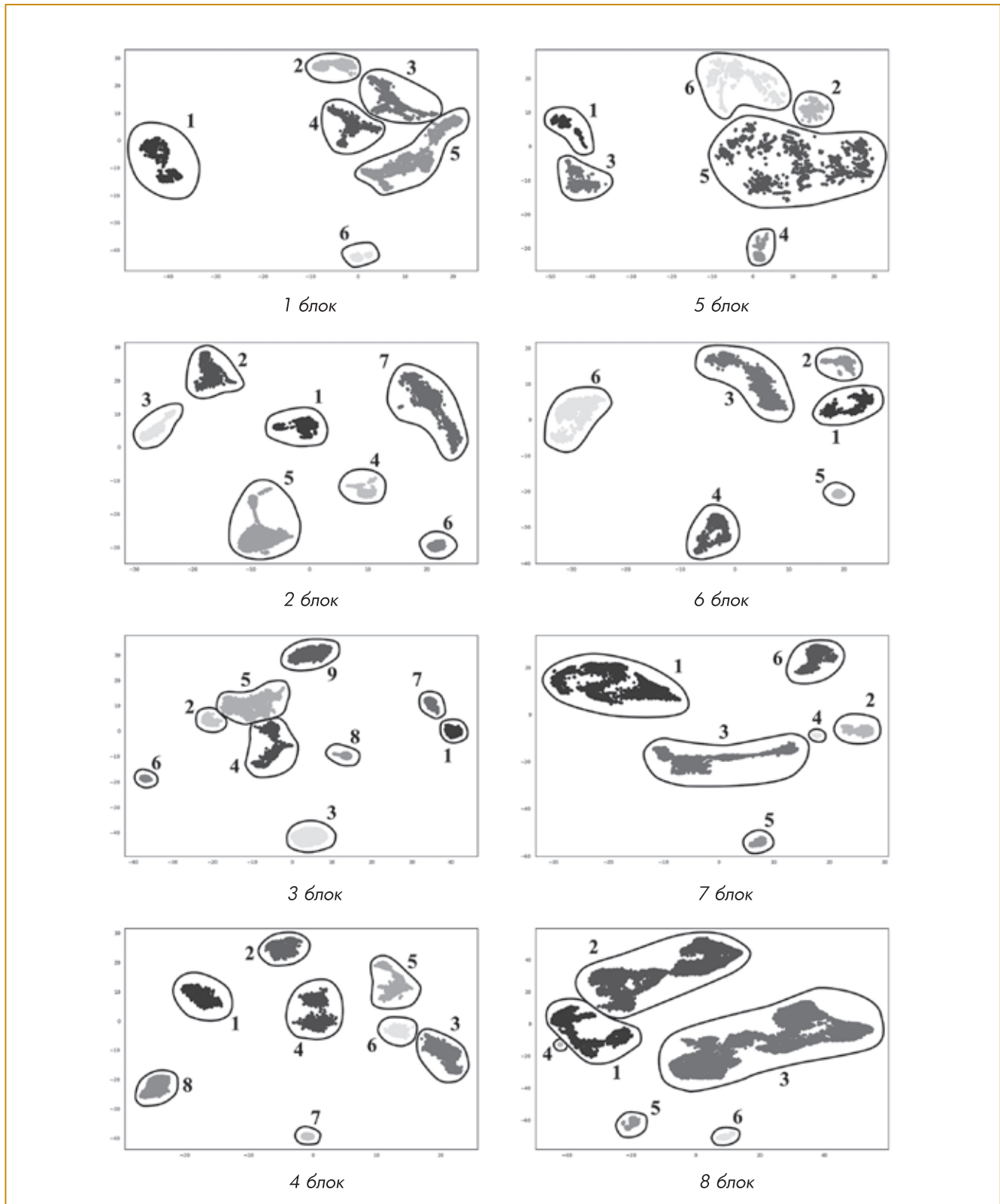


Рис. 2. Результат кластеризации алгоритмом DBSCAN

Множество точек, лежащих на плоскости проекции, визуально образуют сгруппированные «архипелаги» близких значений, что свидетельствует о принадлежности их к одному классу значений или состоянию блока в определенный момент времени. Визуальная идентификация возможна, например,

для реакторно-регенераторного блока №4, где можно выделить семь или восемь состояний. Для исключения неопределенности используется алгоритм DBSCAN, позволяющий кластеризовать вышеуказанные «архипелаги» (рис. 2). Как было показано в исследовании [8], преимущества данного алгоритма

Таблица 2. Наибольшие по длительности режимы работы установок

Шифр режима	Число часов, ед.
64674544 (останов)	804
45946333	802
15553212	643
15153212	549
45946633	502
11421213	408
57226333	344
41745353	321
16421213	272
21745353	267

Таблица 3. Состояния установки с наибольшим числом переходов

Шифр состояния	Число вхождений, смежных ребер, ед.
15153212	79
15153213	64
45946333	62
45946433	44
15553212	41
15553213	38
41745353	33
33212611	33
33212612	28
43946633	25

Таблица 4. Проработавшие дольше всего состояния с учетом переходов в них

Шифр состояния	Среднее число часов на единичный переход
64674544 + 64674515 (останов)	268,0 + 76,0
21745353	133,5
35946323	93,0
27222633	69,0
57222633	56,0
36946323	50,0
62232111	47,0
33712412	46,5
45946323	35,7
27222333	35,5
45946633	29,5
33726323	28,0
43962622	28,0
15151212	27,4
57226333	24,6
57222333	24,2
27232161	24,0

в том, что он не требует спецификации числа кластеров, может найти кластеры произвольной формы, хорошо работает с зашумленными наборами данных и легко идентифицирует выбросы, что делает его подходящим для данной работы.

Каждую из полученных восьми выборок можно охарактеризовать изменчивостью размеченных относительно режима данных: средним, максимальным и минимальным значением каждого параметра технологического процесса и временем нахождения в этом состоянии. На каждом блоке также было идентифицировано состояние остановки установки.

Определение состояния работы всей установки может быть представлено совокупностью состояний каждого блока в одинаковый момент времени. Полученный шифр, состоящий из восьми цифр, и будет определять состояние установки в целом. Например, состояние, в котором установка не функционирует (останов) идентифицируется шифрами «64674544» и «64674515». Различие двух состояний останова заключается в первом случае в холодной циркуляции секции абсорбции и фракционирования жирного газа и полном останове всех секций во втором случае.

Максимально возможное число таких состояний можно оценить комбинаторно путем перемножения числа выделенных режимов каждого блока:

$$6 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 5 = 544320$$

Однако статистически за весь период выгрузки было обнаружено лишь 752 уникальных состояния, что составляет порядка 0,14% от возможных. Малый порядок данной величины указывает на физическую состоятельность каждого режима, а не хаотично-случайный набор.

Каждый из 752 уникальных режимов можно охарактеризовать временем пребывания системы в этом режиме. Наиболее продолжительные режимы представлены в табл. 2.

Полученный набор связанных состояний также можно представить в виде ориентированного графа. В данном случае вершинами будут являться идентифицированные индивидуальные состояния, а ребрами – переходы этих состояний в определенный момент времени.

Для каждого состояния (вершины графа) было рассчитано число вхождений, то есть смежных ребер. Вершины, обладающие наибольшим числом инцидентных ребер, приведены в табл. 3.

Видно, что состояния, обладающие большим числом переходов, в большинстве своем не соответствуют наиболее длительным, что не позволяет дать оценку стабильности этим режимам по данному параметру. Для разрешения вышеуказанной проблемы можно ввести величину среднего числа часов, которые система проработала на единичный переход в это состояние, то есть:

$$\frac{\text{СУММАРНАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СОСТОЯНИЯ}}{\text{ЧИСЛО ВХОЖДЕНИЙ В СОСТОЯНИЕ}}$$

Таблица 5. Отобранные режимы по алгоритму PageRank

Режим	Значение PageRank	Суммарное время в режиме
45946333	0,012649	802
15153212	0,010417	549
41745353	0,009233	319
45946433	0,009172	189
56382333	0,008906	154
15153213	0,007959	236
15553212	0,007419	643
22232111	0,007142	163
42232111	0,006589	74
41765353	0,006240	88
32732422	0,006098	136
15553213	0,005948	124
33762632	0,005757	196
11421213	0,005621	408
33212611	0,005575	103

Таблица 6. Легенда режимов для рис. 5–13

Номер режима на диаграммах	Шифр режима
0	45946333
1	15153212
2	41745353
3	45946433
4	56382333
5	15153213
6	15553212
7	22232111
8	42232111
9	41765353
10	32732422
11	15553213
12	33762632
13	11421213
14	33212611

Наиболее стабильные состояния, протекавшие не менее одних суток в среднем, представлены в табл. 4.

Для математической оценки важности состояний можно прибегнуть к методу ранжирования Пейджа (PageRank) [9]. Основным применением алгоритма PageRank является работа с коллекцией объектов, связанных гиперссылками. Однако алгоритм может применяться не только к Web-страницам, но и к любому набору объектов, связанных между собой взаимными переходами, в нашем случае – к графу состояний. PageRank – статическая величина, которую можно применить для оценки стабильности режима. С помощью нее можно вычислить “глобальную ценность” каждого состояния. Чем больше переходов

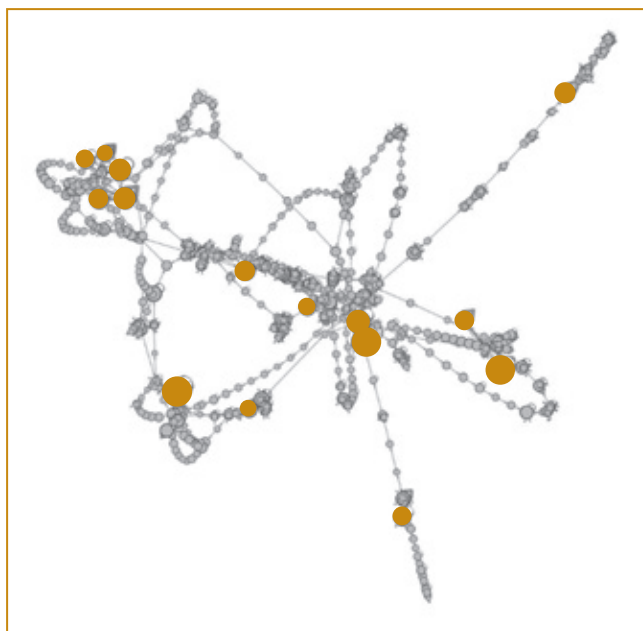


Рис. 3. Граф режимов

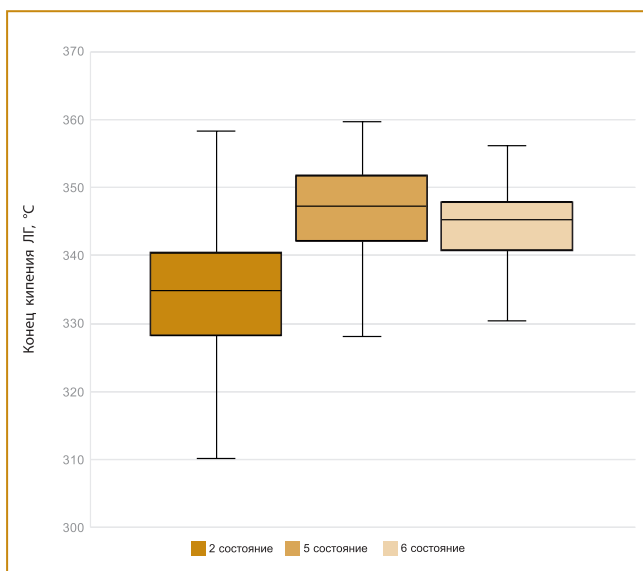


Рис. 4. Характеристика состояний 5 блока (по состояниям 1 и 3 недостаточно лабораторных данных для построения ВА, состояние 4 – останов)

в данное состояние, тем сильнее система стремится к нему прийти и, соответственно, более равновесным оно может считаться. Кроме того, величина PageRank определяется с учетом веса перехода, передаваемого другим режимом. В табл. 5 приведены 15 отобранных режимов с наибольшим значением PageRank (на рис. 3 – оранжевые) и соответствующие им значения суммарного времени системы, проведенном в этом режиме. Эти 15 режимов охватывают 25% от всего времени работы установки на выбранном интервале. В то же время наиболее значимые (отсортированные по значению PageRank) 172 режима из 752 описывают состояния установки на интервале времени 80% от общего.

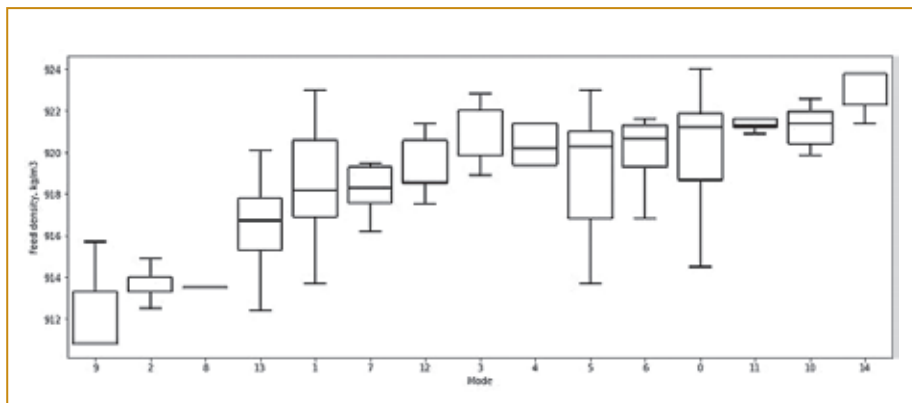


Рис. 5. BoxPlot плотности сырья

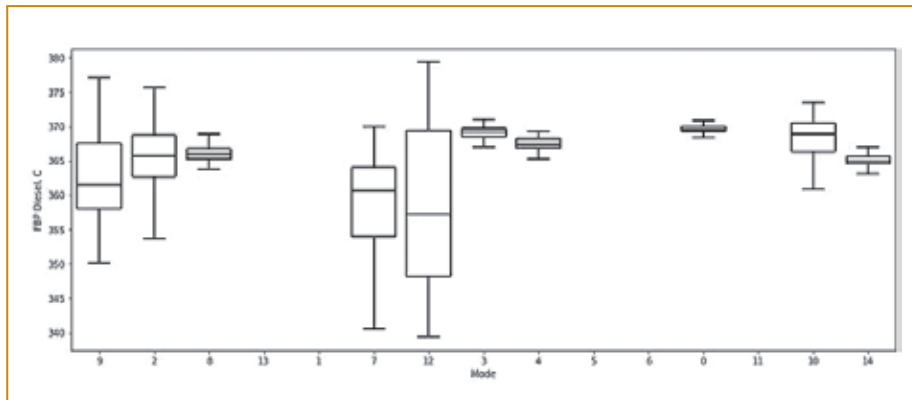


Рис. 6. BoxPlot конца кипения дизельной фракции отпарной колонны

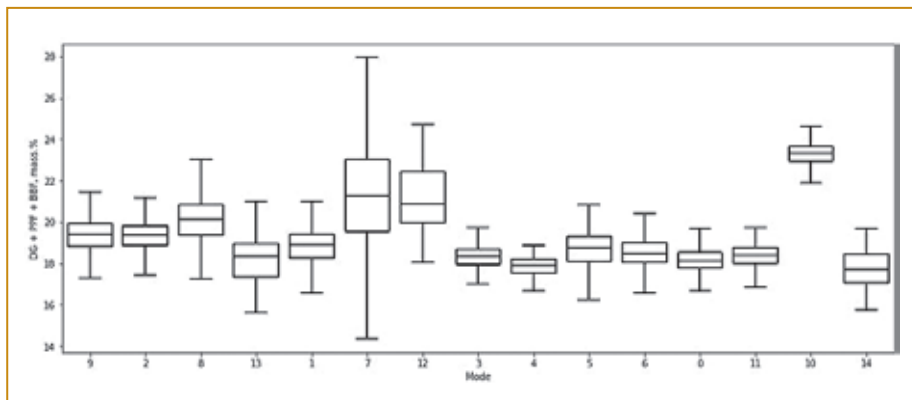


Рис. 7. BoxPlot выхода газа (сухой газ + пропан-пропиленовая фракция (ППФ) + бутан-бутиленовая фракция (ББФ))

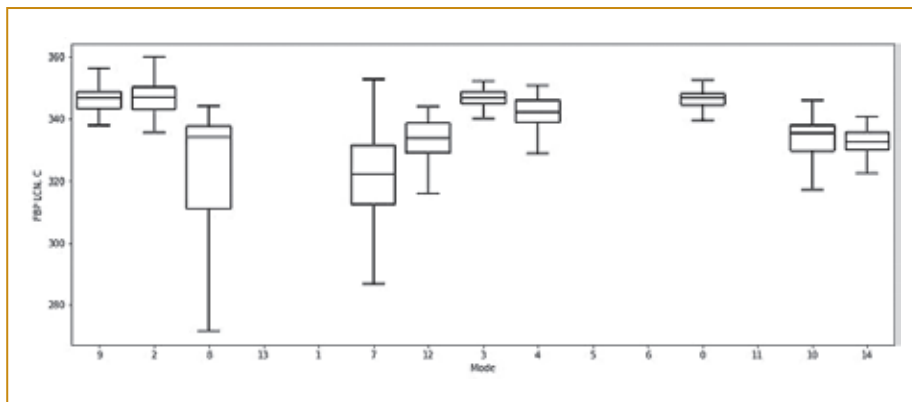


Рис. 8. BoxPlot конца кипения легкого газойля ЛГК основной фракционирующей колонны

На рис. 3 изображен граф состояний установки Г-43-107, развернутый алгоритмом ForceAtlas2. На графе выделены оранжевым цветом 15 самых стабильных режимов, определенных алгоритмом PageRank.

Визуализация больших массивов данных с использованием графов позволяет выделить функциональные группы, в данном случае – состояний. Так, множество состояний, выделенных серым цветом, представляют цепочки переходных состояний в устойчивые режимы, выделенные оранжевым цветом. Размер вершин также определен в соответствии с их значениями PageRank. Установлено, что переход из одного состояния установки в другое в 86% случаев осуществляется через изменение состояния только одного блока, например: 13321111 → 13421111.

Полученные для каждого блока режимы описываются большим числом параметров технологического процесса. Численная изменчивость конкретного параметра в комбинаторной совокупности с другими не позволяет интерпретировать режим с технологической точки зрения. Одним из путей решения данной проблемы является агрегирование большого числа параметров и их дисперсий в один виртуальный анализатор (ВА) качества. Таким образом, представляется возможным описание режима технологического блока через качество выпускаемой продукции в соответствии со значениями ВА.

Полученные модели ВА позволяют определить состояние работы каждого блока не через набор присущих им физических параметров, а через качество вырабатываемых нефтепродуктов, что понятнее для восприятия.

Для этого были восстановлены значения показаний ВА

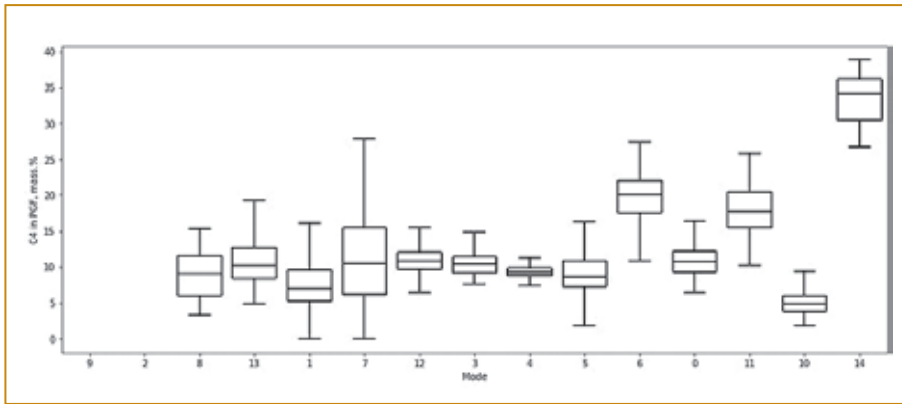


Рис. 9. BoxPlot содержания C4 в легком бензине (пентан-гексановая фракция ПГФ)

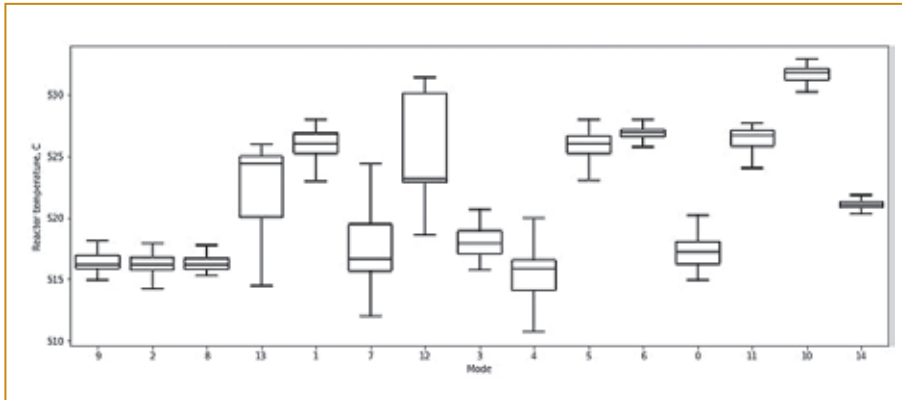


Рис. 10. BoxPlot температуры в реакторе

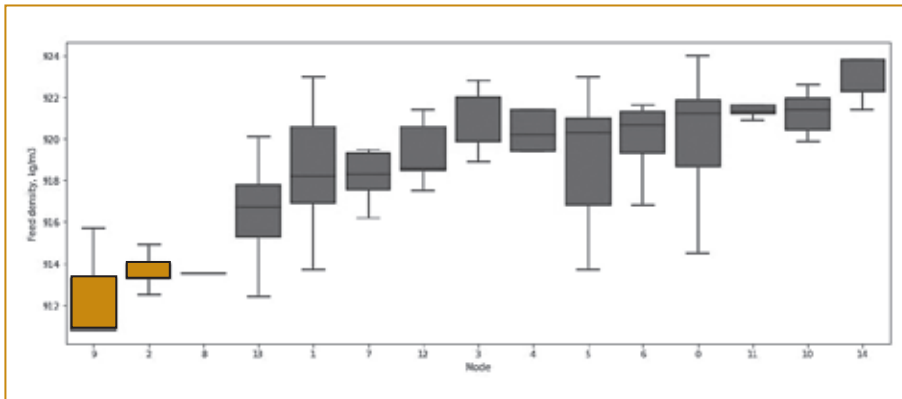


Рис. 11. Дифференцировка режимов по плотности сырья (коричневые – легкое сырье, серые – тяжелое сырье)

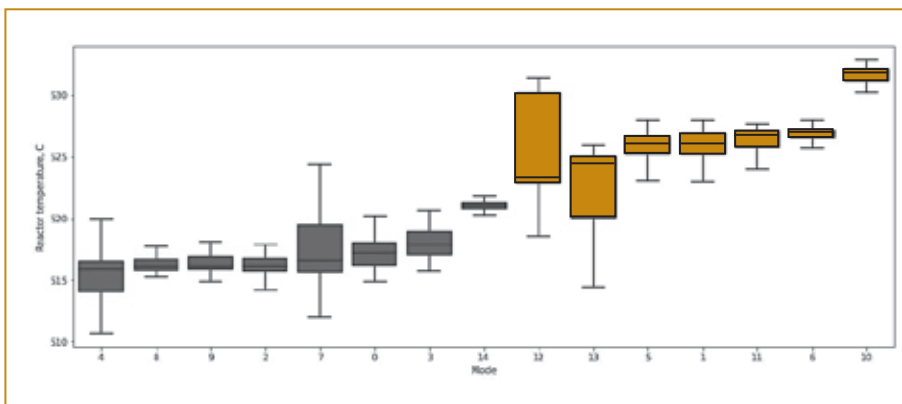


Рис. 12. Дифференцировка режимов по температуре в реакторе (коричневые – жесткий крекинг, серые – мягкий крекинг)

на всей протяженности данных каждого режима, с достаточными референтными данными лабораторных испытаний. Установлены пределы качеств, характеризующие состояние блока. Пример приведен на рис. 4.

Оценивающим фактором достоверности прогнозирования принята среднеквадратичная ошибка RMSE, рассчитанная на основании прогнозных значений модели ВА и данных лаборатории. Тот факт, что виртуальные анализаторы качества в системах APC (advanced process control) не обходятся без периодической подстройки ввиду накопления систематической ошибки, позволяет выдвинуть предположение, что появление ошибки происходит из-за смены режимов технологического процесса. Метод построения виртуальных анализаторов качества на размеченных данных позволяет повысить достоверность прогноза параметров технологического процесса и решить вышеуказанную проблему, что, однако, является предметом отдельной статьи.

Шифр состояния установки является совокупностью режимов каждого технологического блока. Описанная выше методика позволяет определить состояние блока через качество выпускаемой на нем продукции. Общее состояние установки, в свою очередь, может быть определено как совокупность состояний всех блоков, что учитывает связанность всей установки в целом. Так, описание всех состояний установки может быть представлено через соответствующую «вилку» изменения качеств выпускаемой продукции на всех технологических блоках в те моменты, когда установка находилась в соответствующем состоянии. Графические представления значимых режимов,

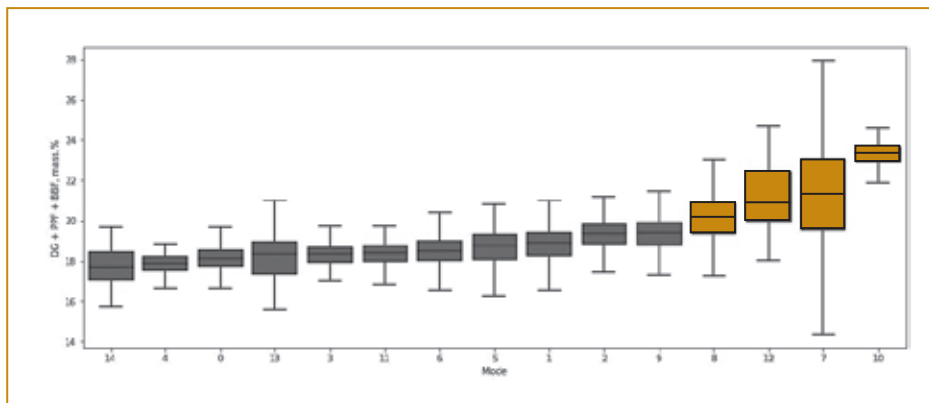


Рис. 13. Дифференцировка режимов по балансовому выходу газов (коричневые – газовый режим, серые – бензиновый режим)

Таблица 7. Описание значимых режимов

Шифр	№ режима	Описание
45946333	0	Тяжелое сырье / Мягкий крекинг / Бензиновый режим
15153212	1	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Бензиновый режим
41745353	2	Легкое сырье / Мягкий крекинг / Бензиновый режим
45946433	3	Тяжелое сырье / Мягкий крекинг / Бензиновый режим
56382333	4	Тяжелое сырье / Мягкий крекинг / Бензиновый режим
15153213	5	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Бензиновый режим
15553212	6	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Бензиновый режим
22232111	7	Тяжелое сырье / Мягкий крекинг / Газовый режим
42232111	8	Легкое сырье / Мягкий крекинг / Газовый режим
41765353	9	Легкое сырье / Мягкий крекинг / Бензиновый режим
32732422	10	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Газовый режим
15553213	11	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Бензиновый режим
33762632	12	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Газовый режим
11421213	13	Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Бензиновый режим
33212611	14	Тяжелое сырье / Мягкий крекинг / Бензиновый режим

ранжированных по медиане плотности сырья, продемонстрированы на диаграммах VoxPlot (рис. 5-10).

Описание каждого из выделенных состояний можно произвести путем дифференцировки входного сырья по плотности, температуре в реакторе и балансовому количеству газов после фракционирования. Используя алгоритм k-means [10],

можно разбить выделенные режимы на группы: легкое и тяжелое сырье, мягкий и жесткий режим крекинга, газовый и бензиновый режим фракционирования. Результат работы алгоритма представлен на рис. 11-13.

Классификация и описание каждого значимого режима по указанным параметрам приведены в табл. 7.

Пронаблюдать зависимость между качеством входного сырья и качеством получаемой продукции с учетом

режима можно на примере режима 33212611 или «14». Так, при наибольшей плотности сырья установки (рис. 5) наблюдается существенно большее содержание С4 в ПГФ (рис. 9). Режим 32732422 «10», сопровождающийся наибольшим выходом газа (рис. 7), может быть связан с низким содержанием С4 в ПГФ и сравнительно высокой плотностью сырья.

Таким образом, шифр установки, равно как и ее состояние, связывает независимую переменную – состав приходящего сырья (плотность) с качествами продуктовой корзины установки, что, несомненно, является полезной информацией, например, для системы операционного планирования.

Обсуждение результатов

Применение метода стохастического вложения соседей с t-распределением (t-SNE) позволяет снизить размерность любой выборки до двумерного пространства, что визуально упрощает выделение режимов. Алгоритм DBSCAN лишь автоматизирует и стандартизирует процесс выделения состояний на размеченной плоскости с проекцией данных. Указанный подход, несомненно, обладает преимуществом перед предложенными методами в других работах – человек при разработке модели способен оценить качество кластеризации любого алгоритма, в том числе DBSCAN. Мы предлагаем интерпретацию найденных состояний как совокупность состояний дифференцированных технологических блоков, что позволяет дать детализированную оценку происходящему на установке. Интерпретация полученных состояний в виде графа и позволяет определить «важность» и «авторитетность» каждого состояния относительно другого, что является новым подходом к определению стабильного состояния. Описание каждого режима можно провести через показатели качества, присущие материальному потоку соответствующего технологического блока. Это позволяет сократить число наблюдаемых параметров работы установки за счет аккумуляции их в регрессионных моделях виртуальных анализаторов качества.

Дифференцировка режима также возможна с более привычной для планирования стороны, когда можно четко подобрать необходимое состояние под нужды всего комплекса (Тяжелое сырье / Жесткий крекинг / Газовый режим).

Список литературы

1. Логунов П.Л., Шаманин М.В., Кнеллер Д.В., Сетин С.П., Шундерюк М.М. Усовершенствованное управление ТП: от контура регулирования до общезаводской оптимизации. // Автоматизация в промышленности. 2015. №4. С. 4-14.
2. Шумихин А.Г., Зорин М.П. Опыт разработки системы виртуального анализа показателей качества продуктов установок каталитического риформинга бензиновых фракций и системы их подстройки в режиме реального времени. // Вестник ПНИПУ. 2017. №2. С. 45-62.
3. Снегирев О.Ю., Торгашов А.Ю. Разработка адаптивных виртуальных анализаторов для промышленных ректификационных колонн с применением кластеризации // Автоматизация в промышленности. 2020 №8
4. Ballesteros A., Ibarguengoytia P. A Knowledge-Based Planning System for the Daily Operations in a Power Plant. // ResearchGate.net URL: <https://www.researchgate.net>
5. Khodabakhsh A., Ari I., Bakir M., Ercan A. Multivariate Sensor Data Analysis for Oil Refineries and Multi-mode Identification of System Behavior in Real-time. // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 64389-64405.
6. Sedghi S., Huang B. Real-Time Assessment and Diagnosis of Process Operating Performance // Elsevier. 2017. Vol. 3. P. 214-219.
7. Van der Maaten L., Hinton G. Visualizing Data Using t-SNE // Journal of Machine Learning Research. 2008. No. 9. P. 2579-2605.
8. Ahmad P.H. Performance Evaluation of Clustering Algorithm Using Different Datasets. // Journal of Information Engineering and Applications. 2015. Vol.5, No.1. P. 1-9.
9. Brin S., Page L. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine // URL: <http://infolab.stanford.edu/pub/papers/google.pdf>
10. Gorban A.N., Zinovyev A.Y., Principal Graphs and Manifolds. // arXiv.org URL: <https://arxiv.org/abs/0809.0490>.

Кошевой Виктор Олегович – ведущий специалист, *Лаврикова Анна Геннадьевна* – начальник отдела, *Леонова Елена Сергеевна* – специалист, *Порохняк Олег Богданович* – специалист отдела прогнозирования технологических процессов ООО «Автоматика-сервис», *Гутер Вадим Викторович* – главный технолог АО «Газпромнефть-МНПЗ». E-mail: Koshevoy.VO@gazprom-neft.ru

ФЛИП: полностью автономный транспорт от SberAutoTech

Компания экосистемы Сбера — SberAutoTech — представила прототип полностью автономного электрического транспорта собственной разработки. Новинка получила название ФЛИП и реализует концепцию новой мобильности: полностью беспилотное транспортное средство (максимальный, пятый уровень автономности по международной классификации) обеспечивает быстрое, безопасное и комфортное перемещение пассажиров с использованием новейших технологий из мира ИТ и автомобилей.

В основе конструкции ФЛИП — электрическая платформа собственной разработки. В движение платформа приводится электродвигателем, а источником питания является модуль сменных батарей. Ноу-хау компании — компоновка элементов питания, которая позволяет заменить все модули не более чем за пять минут, что сравнимо с заправкой традиционным топливом стандартного автомобиля. Данное решение фактически снимает действующие ограничения для использования электротранспорта: долгую зарядку стандартных батарей и их высокую стоимость, продиктованную необходимой ёмкостью и запасом хода электрического транспорта. Компоновка ФЛИПа позволяет использовать в качестве источников энергии не только электричество, но и другие носители альтернативного топлива, в том числе газ и водород.

Платформа изначально спроектирована SberAutoTech с учётом требований к подключённому и беспилотному транспорту, что открывает новую веху в развитии личного и общественного транспорта. ФЛИПы в качестве средства новой мобильности способны снизить число машин на улицах, полностью решить проблему «последней мили» и обеспечить уровень комфорта, принципиально недоступный ни в одном другом виде общественного транспорта. Платформа, лежащая в основе ФЛИПа, обеспечивает максимальную гибкость компоновки и позволяет разметить на платформе любую версию надстройки, грузовую или комбинированную.

Внешние габариты ФЛИПа такие же, как у стандартного легкового автомобиля (3,62 м на 1,95 м), однако пространства внутри на 40% больше, ведь в конструкции нет крадущих внутренний объём элементов, характерных для машин с двигателем внутреннего сгорания. ФЛИП изначально спроектирован как полностью автономное транспортное средство, в нём нет традиционных органов управления для водителя. В салоне с комфортом размещается шесть человек.

ФЛИП от SberAutoTech спроектирован для эксплуатации по сценариям новой мобильности: полностью подключённое, автономное и безопасное такси будущего будет привычно доступно через пользовательское приложение. Персонализация и безопасность обеспечивается технологиями биометрии (распознавание лиц пассажиров), а также комфортной коммуникацией с помощью виртуального ассистента Салют. Свою поездку можно персонализировать, используя навыки и сервисы экосистемы и партнёров Сбера: выбрать часто используемые маршруты навигации 2ГИС, установить в салоне нужную температуру, включить любимую музыку от СберЗвука или видеоконтент от Okko.

ФЛИП — беспилотник максимального, пятого уровня. Технологии автономного вождения SberAutoTech для оценки окружающей ситуации используют комплекс лидаров, радаров и камер. Эти сенсоры позволяют получать информацию об окружающих объектах, распознавать пешеходов и препятствия, принимать решение об ускорении, торможении и повороте. В соответствии с самыми актуальными требованиями нового транспорта ФЛИП спроектирован для бесшовной интеграции с технологиями V2V и V2X: он может общаться как с другими ФЛИПами, так и с дорожной инфраструктурой.

В данный момент SberAutoTech проводит доводочные тесты прототипа в полном соответствии с действующим законодательством для полностью беспилотного транспорта — только на закрытых территориях.

[Http://www.sber.ru](http://www.sber.ru)