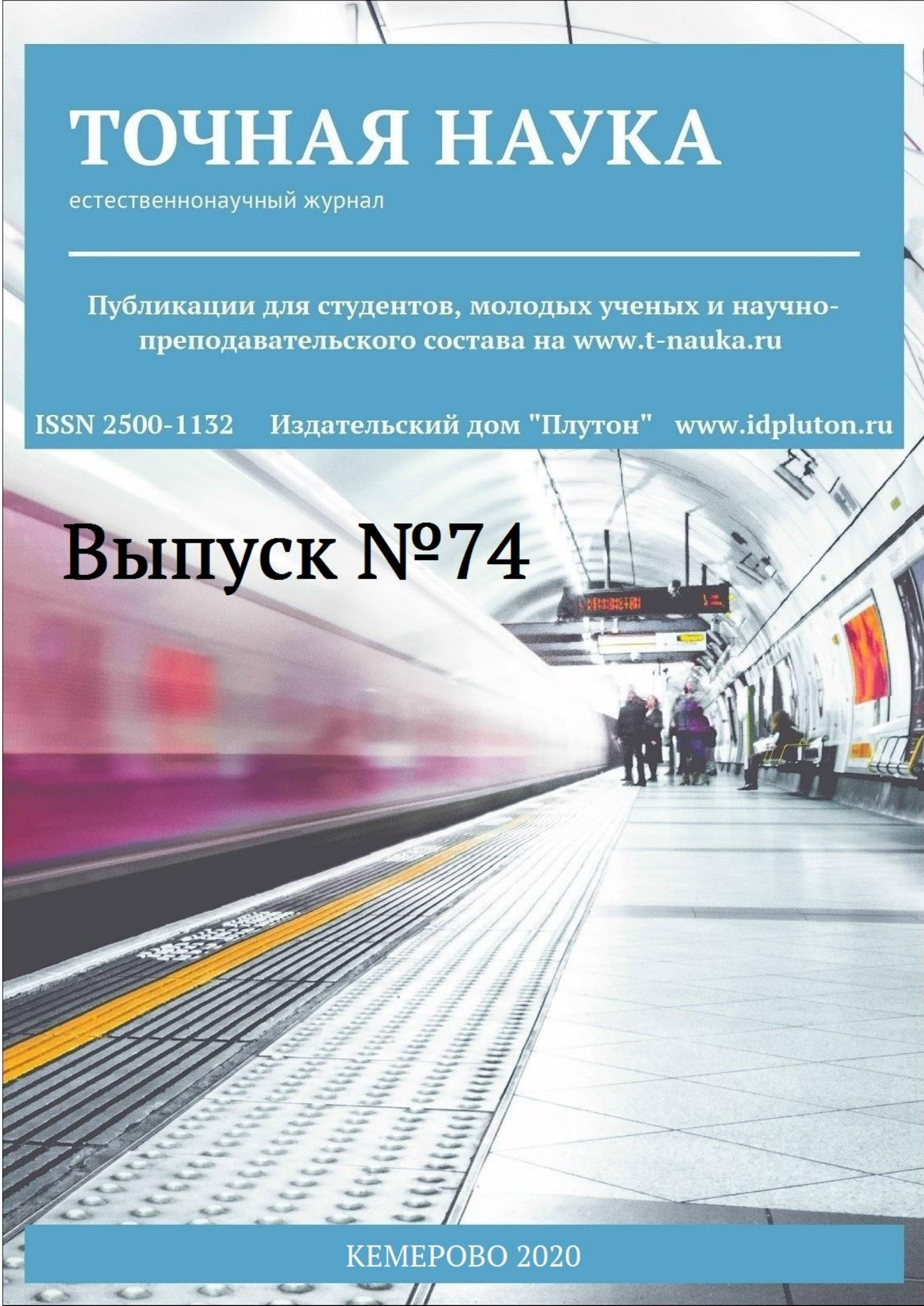
ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru



Выпуск №74

КЕМЕРОВО 2020

30 марта 2020 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово
Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.idpluton.ru

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.
Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 30.03.2020 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Содержание

Ermatov Akhror Bakhtiyorjon ugli
master, Andijan Machine-Building Institute, E-mail: axror.ermatov@bk.ru
Khakimov Ortagoli Sharipovich
DSc. professor, Andijan Machine-Building Institute
Muminov Omadjon Zukhriddin ugli
assistant, Andijan Machine-Building Institute

УДК 53.08

ОПИСАНИЕ И РАЗРАБОТКА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

DESCRIPTION AND DEVELOPMENT OF COORDINATE MEASURING INSTRUMENTS

Аннотация. В данной статье представлены описание, история, структура, развитие, особенности координатно-измерительных машин и их применение в различных областях.

Abstract. This article describes the description, history, structure, development, features of coordinate measuring machines and their application in various fields.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, параллельная структура, анализ, защита, результат, поверка, предел погрешности, измерительная головка, зонд.

Keywords: coordinate measuring machine, parallel structure, analysis, protection, result, verification, margin of error, measuring head, probe.

A coordinate measuring device is a device that measures the geometric properties of an object. The machine can be operated by an operator or automated by a computer. The measurements are made using a sensor attached to the moving axis of the machine. The sensors differ according to the principle of operation (electrocontact, induction, optical, capacitive, piezometric, gravity), output signal (analog, discrete), measurement method (contact, contactless), type of measurement (scanning, trigger) and etc.

In the middle of the 20th century, semi-automatic coordinate measuring devices, systems are developed. In the 1970s, an automated computer-based coordinate measuring device was created in England.

Coordinated measuring devices are usually used for inspection of part sizes during manufacturing and assembly, or for checking the quality of the structure against the desired design. After collecting the X, Y, Z locations of several points of the unit, the data sets obtained are analyzed using different regression algorithms. This information is collected by the operator or automatically by computer probe, directly by computer control.

Currently, NMMI is working on the calibration of coordinated measuring machines in the machine-building and metallurgy sectors of the Republic of Uzbekistan.

Historically, the first representative of 3 coordinate measuring devices was developed by Ferranti, a Scottish company in the late 1950s, to measure the most precise portions of its Military Portfolio. Before that, 3-coordinate measuring devices were only equipped with two-axis arrows.

The first genuine commercial 3-coordinate measuring devices are based on a three-axis model and were introduced in 1960 by the DEA Metrology Company in Italy. In the early 70's - in the United States, Sheffield used the first digital computer-controlled (CNC) variants of 3-coordinate measuring devices. Later, in Germany, Leitz developed a high-quality 3-axis model and the car was equipped with a moving table.

The first type of 3-coordinate measuring devices is approximately three central axes, namely: X-; Y-With the Z axis, they are usually equipped with a probe. The diagrammatic layout is an example of this. During the development of 3-coordinate measuring devices, it is an important element of the sensor-excitation probe. At that time, the metrology-potential requirements for new emerging coordinate gauges required for their operation and full implementation were clearly defined. These innovative probes were originally designed, built and tested in the 1970s. Renishaw CEO Sir David R. McMurray points out: In fact, coordinate measuring devices typically have orthogonal (90 °) axis adjusted in a characteristic three-dimensional coordinate system. Each of these linear arrows has an appropriate linear scaling system and determines the precise position of the probe head.

To work with 3 coordinate measuring devices, a qualified computer inspector uses a fully automated computer control software, either hand-controlled or internally.

Structure of coordinate measuring devices

The most common is the vertical type of configuration of 3 coordinate measuring devices. 3-

coordinate measuring devices are often configured and designed with a two-legged table (ie columns) [1].

Here, these 3 coordinate measuring devices are also located with all kinematic test actions performed by the bridge's three-axis motion.

With some other vertical bridge-mounting configurations, the bridge can move freely across the granite table, with one of the feet commonly referred to as the inside of the foot.

Figure 1. Coordinate measuring device

In contrast, the opposite foot, commonly referred to as the outer foot, simply sits on the granite table, observing the contour of the vertical surface.

For cinematic linear motion of a mobile bridge, the use of air bearings is common, thus ensuring free movement without friction.

Coordinated measuring devices are equipped with a straight and controlled airbag with airbags and compressed air through several small holes on the bearing surface, which allows for free movement without friction. This means that the action of a bridge or dome on a granite table is usually one axis of the X-Y plane. Similarly, on the bridge / portal, there will be an axis that crosses the length between the inner and outer legs, forming horizontal X or Y axis. The third axis of motion, namely the Z axis, is usually provided by the addition of a vertical axis that can move up and down the center of the device (bridge). The touch controller turns into a sensor located at the end of this vertical axis. The linear kinematic arrangement of the X, Y, and Z axis movements completely encompasses the measurement envelope called coordinate measuring devices. [1]

Three-coordinate measuring devices - Mechanical probe

As originally described, during the initial development of mechanical probes for measuring coordinates (ie in the late 1960s) they were mounted on special handles at the ends of the vertical spindle. These instrument end probes have played a major role in their design and construction. The usual tool tip of that time was simply welded to the ball, but in precise size, it was mounted on the shaft's end and mounted on the shaft. The geometry and degree of accuracy of this probe are optimal for measuring a wide range of plane (cylindrical or spherical surfaces). However, other types of probes are often cylindrical or surface shaped to certain geometric shapes, such as square probes - which make it easier to measure the properties of a particular part. These coarse original probes are simply manually positioned by the inspector / operator relative to the workpiece element, and the space in the footprint in complex measuring systems reads using a 3-digit digital training or recorded in a simple computer program. or similar impulses. Here, the dimensions were obtained by several simple methods of physical field, which were not always reliable, as these coordinate measurements were carried out on their own size - manual labor.

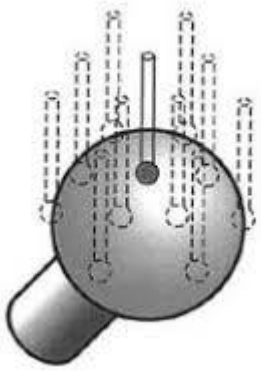


Figure 2. Coordinated measuring devices

It has provided powerful control over coordinated measuring devices by the addition of electric motors in the development of 3-coordinate measuring devices. Operators no longer had to manually control the coordinated measuring devices, but instead they could carry each axis through a manual box equipped with integrated joysticks, depending on the specifications of the part. Such a combination of machine-controlled formulas for coordinate measuring devices and the introduction of the first electronic sensor probe that was invented at this time means that the accuracy of the measurements and its associated accuracy significantly improves the parameters.

Figure 3. A modern view of coordinated measuring devices

Eliminating previously unreliable and inaccurate measurement errors, the introduction of fully computerized digital controllers by every 3 coordinate measuring devices is now being used worldwide. The parallel development of different types of probe is based on the optical probe amplifier using a lens-based charging system. These types of optical probes behave in the same way as their equivalent mechanical types, but here they are focused on the material (i.e. the component feature) without touching the material. The resulting surface image is attached to the boundary of the measurement window until the contrast between the remaining black and white zones is sufficient. As a result, the dividing curve can be calculated to a certain point in space, which is the desired measurement point.

This means that these coordinated measuring devices are important for the development of industry and science in the Republic of Uzbekistan. This is reflected in the reliability and reliability of the machine-building, aerospace industry and several other fields. Another important factor is that it saves time and significantly improves production efficiency. Currently, NMMI is working on the calibration of coordinated measuring machines in the machine-building and metallurgy sectors of the Republic of Uzbekistan.

List of used literature:

1. Graham T. Smith Machine Tool Metrology Graham T. Smith An Industrial Handbook Springer International Publishing Switzerland 2016

2. Бушуев В.В., Хольшев И.Г. Механизмы параллельной структуры в машиностроении // СТИН.— 2001.— № 1.—С. 3-8. — ISSN 0859-7566

3. Приложение к свидетельству №48202 об утверждении типа средств измерений

4. Зубарев Ю. М., Косаревский С. В., Ревин Н. Н. «Автоматизация координатных измерений. Учебное пособие».— СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. — 160 с. : ил.

5. Пекарш А.И., Феоктистов С.И., Колыхалов Д.Г., Шпорт В.И. Координатно-измерительные машины и комплексы // CALS-технологии. 2011. № 3. С. 36-48.

6. Бражкин Б.С., Исаев Н.И., Кудинов А.А., Миротворский В.С. Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения. М., 2012. 207 с.

7. Гришанов В.Н., Ойнонен А.А. Современные лазерные измерительные системы в производственном цикле космической техники // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2012. № 1(32). С. 24–35.

8. Гречников Ф.В., Захаров О.В. , Королев А.А. Направления повышения производительности и точности контроля сложных поверхностей на координатно-измерительных машинах // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта. Москва: ИПУ РАН, 2016. С. 223-225.

9. Печенкин В.А., Болотов М.А., Рузанов Н.В., Янюкина М.В. Оптимизация измерений геометрии деталей со сложными поверхностями // Измерительная техника. 2015. № 3. С. 18-23.

Рахимов Ганишер Бахтиёрович
ассистент кафедры "Технологический машины и оборудование",
Каршинский инженерно-экономический институт,
Узбекистан, г. Карши

Rakhimov Ganisher Bakhtiyorovich
assistant of the department "Technological machines and equipment",
Karshi Engineering Economics Institute,
Uzbekistan, Karshi

УДК 661.18

ПРОИЗВОДСТВО АДСОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ

PRODUCTION OF ADSORBENT FOR GAS CLEANING

Аннотация. В данной статье приводиться применение адсорбентов цеолитов в промышленности, выделены их преимущества и недостатки перед другими адсорбентами. Выделены основные аспекты.

Annotation. This article describes the use of zeolite adsorbents in industry, their advantages and disadvantages over other adsorbents are highlighted. The main aspects are highlighted.

Ключевые слова. Цеолиты, адсорбенты, каталитическая очистка, *риформинг,* адсорбция, бентонит.

Keywords. Zeolites, adsorbents, gas dehydration, reforming, adsorption, bentonite.

Газы в промышленности обычно загрязнены вредными примесями, поэтому очистка широко применяется на заводах и предприятиях для технологических и экологических целей. Промышленные способы очистки газов от газо- и парообразных токсичных примесей можно разделить на три основные группы:

1) абсорбция жидкостями;

2) адсорбция твердыми поглотителями;

3) каталитическая очистка.

Одним из перспективных методов очистки газов, обеспечивающих высокую степень извлечения примесей, является адсорбционный метод**.** В процессе разделения, основанном на способности некоторых твердых тел избирательно поглощать газообразные компоненты из газовых смесей, присутствующие в газовой смеси молекулы загрязненного газа или пара сорбируются на поверхности или в порах твердого материала. Поглощаемое из газовой фазы вещество принято называть адсорбтивом**,** а твердое вещество, на поверхности или в порах которого происходит адсорбция поглощаемого веществе,— адсорбентом**.** Газовая фаза, в которой находится извлекаемый компонент, принято называть газом-носителем**,** а после того, как извлеченный компонент перешел в адсорбированное состояние, его называют адсорбатом [1]**.**

Общие достоинства адсорбционных методов очистки газов:

1) глубокая очистка газов от токсичных примесей;

2) сравнительная легкость регенерации этих примесей с превращением их в товарный продукт или возвратом в производство и таким образом осуществляется принцип безотходной технологии.

Адсорбенты – это искусственные или природные тела с развитой поверхностью (создаваемой капиллярами или кристаллической решеткой), которые хорошо поглощает (адсорбирует) вещества из газов и растворов.

Адсорбционный метод являются одним из самых распространенных средств защиты воздушного бассейна от загрязнений. Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты. Активированный уголь нейтрален по отношению к полярным и неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Он менее селективен, чем многие другие сорбенты, и является одним из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках. Активированный уголь используют, в частности, для очистки газов от дурно пахнущих веществ, рекуперации растворителей и т.д.

Оксидные адсорбенты (ОА) обладают более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам в силу собственного неоднородного распределения электрического потенциала. Их недостатком является снижение эффективности в присутствии влаги. К классу ОА относят силикагели, синтетические цеолиты, оксид алюминия.

Использование адсорбента на основе активного оксида алюминия — один из основных способов осушки воздуха, технических газов и жидкостей, он особенно хорошо подходит для осушки сжатого воздуха или газов и жидкостей с высокой относительной влажностью.Низкая стоимость, химическая и физическая стабильность, возможность регенерации и высокая адсорбционная емкость поглощения воды — это факторы, способствовавшие широкому применению активного оксида алюминия[2].

В связи с этим целью данной работы является исследование способа получения адсорбента на основе оксида алюминия. Объектами исследования нами выбраны Навбахорский бентонит, оксиды цинка, меди и алюминия. При этом источниками оксидов алюминия и цинка является реакционная смесь, содержащая гидроксид алюминия бемитной структуры, гидроксокарбонат цинка. Для получения адсорбента на основе оксида алюминия, бентонита и оксида цинка выбраны рецептурные соотношения компонентов в мас.% (табл.1).

Таблица 1

Рецептура приготовления адсорбента № 1 Наименование компонентов адсорбента	масс.%
Оксид алюминия	0,1-5,0
Бентонит	3,0-5,0
Оксид цинка	Остальное

Приготовленную смесь формовали, сушили при температуре 100-120°С, прокаливали при температуре 320-390°С, затем прокаленный продукт измельчали, добавляли к нему бентонит, полученную массу формовали.

Химический состав приготовления адсорбента включающий оксиды меди, цинка и алюминия, который дополнительно содержит бентонит приведена в табл. 2.

Таблица 2

Рецептура приготовления адсорбента № 1

Рецептура приготовления адсорбента № 1 Наименование компонентовадсорбента	масс.%
Оксид алюминия	0,5
Оксид железа	6,0-10,0
Бентонит	3,0-5,0
Оксид цинка	Остальное

Таблица 3

Механические характеристики полученных адсорбентов № 1 и № 2

Наименование характеристик	Номера адсорбентов	
№ 1	№ 2	
Удельная поверхность, $м^2/г$	40	40
Прочность при раздавливании, МПа	2,5	3,0

Полученные данные показывают, что механическая прочность образца № 1 намного выше по сравнению с образцом № 2, удельная поверхность не меняется.

Таким образом, исследован способ получения адсорбентов с разными рецептурами на основе оксидов алюминия, меди, железа и цинка с добавлением бентонита и определены их механические характеристики.

Библиографический список:

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты газоочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2006. — 205 с.

2. Афанасьев А.И., Бекиров Т.М., Барсук С.Д. Технология переработки природного газа и конденсата: Справочник — М.: Недра, 2002. — 517 с.

Данченко Тамара Владимировна
Danchenko Tamara Vladimirovna
Старший преподаватель
Сибирский федеральный университет, институт архитектуры и дизайна (СФУ),
г.Красноярск, Российская Федерация

Трубникова Ирина Сергеевна
Trubnikova Irina Sergeevna
Старший преподаватель кафедры геометрического моделирования и компьютерной графики
Сибирский федеральный университет, институт архитектуры и дизайна (СФУ),
г.Красноярск, Российская Федерация

Ластовка Анатолий Васильевич
Lastivka Anatoliy Vasilievich
Кандидат технических наук, Доцент
Сибирский федеральный университет, институт архитектуры и дизайна (СФУ),
г.Красноярск, Российская Федерация

УДК 004.896

КОНЦЕПЦИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ SMART CITY – КРАСНОЯРСКА

CONCEPT, STANDARDIZATION AND IMPLEMENTATION OF SMART CITY - KRASNOYARSK

Аннотация: в статье рассматривается тема становления современного Красноярска одного из крупных городов России. Где обеспечивается и развивается благополучное и всестороннее будущее для граждан. Концепция определенных взглядов на «Умный город» включает в себя базовые параметры, но определение трактуется экспертами по-разному. Разработка стандартов позволит решить эти расхождения, а единые критерии помогут определить, какой город считать «умным». Авторы отмечают, что публичное обсуждение параметров внесет в стандарт новые показатели, а некоторые придется удалить. В статье также говорится о результатах, которые опубликовал Национальный исследовательский институт технологий и связи, где город становится одним из «пяти умных» городов России. Авторы этого материала предлагают не только полученные данные, но и анализируют рейтинги крупных городов, таких как Москва, Санкт-Петербург, Казань и Екатеринбург, Новосибирск. Текст публикации оформлен рисунками, графиками, схемами, которые помогают разобраться в потоке принятых методик, проектов, новых выражений. Такие выражения как, Индекс цифровизации «IQ городов», Инвестклимат, **Концепция, Стандартизация,** чтобы интерес был проявлен ко всему новому, авторы просто и кратко характеризуют эти понятия. Компанией «Никкен-Сиккей» предложено создать в городе современный жилой район, экономичный, безопасный с точки зрения экологии. Альтернативные дешевые технологии, по теплоснабжению жилья, а также крупный транспортно-пересадочный узел. Эти разработки связаны с перспективным планом развития г. Красноярска до 2033г.

Resume: The article discusses the topic of the formation of modern Krasnoyarsk one of the largest cities in Russia. Where a prosperous and comprehensive future is provided and developed for citizens. The concept of certain views on the "Smart City" includes basic parameters, but the definition is interpreted by experts in different ways. The development of standards will help resolve these differences, and common criteria will help determine which city is considered “smart.” The authors note that a public discussion of the parameters will introduce new indicators into the standard, and some will have to be deleted. The article also talks about the results published by the National Research Institute of Technology and Communications, where the city becomes one of the “five smart” cities in Russia. The authors of this material offer not only the obtained data, but also analyze the ratings of large cities such as Moscow, St. Petersburg, Kazan and Yekaterinburg, Novosibirsk. The text of the publication is framed by drawings, graphs, diagrams, which help to understand the flow of accepted methods, projects, new expressions. Expressions such as the IQ

Cities Digitalization Index, Investment Climate, Concept, Standardization, so that interest is shown to everything new, the authors simply and briefly characterize these concepts. Nikken-Sikkey proposed to create a modern residential area in the city, economical, safe from an environmental point of view. Alternative low-cost technologies for heat supply of housing, as well as a large transportation hub. These developments are associated with the long-term development plan of the city of Krasnoyarsk until 2033.

Ключевые слова: умный город, технология, национальный стандарт, проекты, инвестиционный климат, цифровизации.

Key words: smart city, technology, national standard, projects, investment climate, digitalization.

Введение. Стандартное определение умного города – это город, в котором используется эффективная интеграция физических, цифровых и человеческих систем в искусственно созданной среде с целью обеспечить устойчивое, благополучное и всестороннее будущее для граждан. Информационные и коммуникационные технологии (ИТК) позволяют взаимодействовать и следить за городской инфраструктурой, за его развитием. Собранная информация, а к ней относятся различные устройства, датчики, мнение жителей города, интегрированных в режиме реального времени, все это анализируется, обрабатывается, затем принимается решение для устранения проблем неэффективности. Данные ИКТ направлены для улучшения показателей производительности и интерактивности городских служб, связи между городскими жителями и государством [1,4]. Концепция (комплекс определенных взглядов на «Умный город»), которая характеризуется тремя базовыми параметрами: технологичностью, интеллектуализацией, фокусировкой (концентрацией на выбранном стиле жизни).

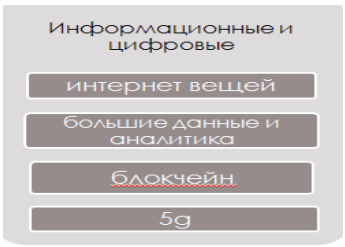
Национальный стандарт. Приоритетный проект по основному направлению стратегического развития Российской Федерации «Формирование комфортной городской среды» (17.11. 2016-10.02. 2021г.) Стандарт «Умный город» включил восемь блоков:

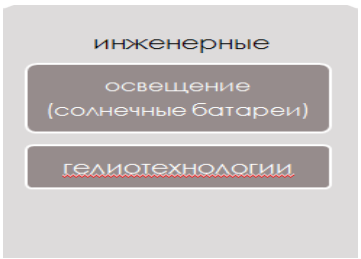
-городское управление;
-умное ЖКХ;
-инновации для городской среды;
-умный городской транспорт;
-интеллектуальные системы общественной безопасности;
- интеллектуальные системы экологической безопасности;
-инфраструктура сетей связи;
-туризм и сервис.

Разработкой стандартов «умных городов» занимается Национальный центр информатизации (далее - НЦИ). Необходимость появления стандартов продиктована тенденциями: интерес к концепции значительно растет, появляются всё новые и новые проекты, между которыми нет согласованности. Единые критерии позволят обобщить знания, объединить усилия и идеи. Определить, какой город считать «умным» и ускорить его строительство. В то же время, стандарты должны быть динамичными, изменяясь в процессе воплощения плана, чтобы соответствовать текущим потребностям общества.

Проект предварительного национального стандарта (ПНСТ) «Информационные технологии. Умный город. Показатели». «Умные» технологии состоят из:

1. 2. 3.





1. Информационные и цифровые; 2.Экологоориентированные; 3.Инженерные

При разработке документа, был учтен опыт разработки международных стандартов в области умных городов. Все это позволит оценить, систематизировать оценку эффективности оказания городских услуг и качества жизни в городе.

Рис. 1 Проект предварительного национального стандарта «Информационные технологии. Умный город. Показатели» (разработано http://www.admkrsk.ru)

Стандарт поможет городам определить показатели для применения систем городского управления и реализовать данную политику. Цель стандарта, по словам разработчиков, навести и обеспечить единообразие в области умного города, при этом «не привязываясь к конкретным решениям и продуктам». Публичное обсуждение внесет в стандарт новые показатели и обоснует их появление, а с некоторыми показателями придется попрощаться. Разработчики проектов цифровой экономики «Ростелекома» проинформировала TAdviser, что в России пока нет стандарта в области умного города, утвержденного Госстандартом в соответствии с требованиями законодательства. Существуют только ведомственные «одноразового пользования», которые не имеют ничего общего с документами нормативно-технического регулирования. *Актуальная задача – разобраться с бесконечной путаницей и многообразием документов в этой области, которые зачастую являются дублирующими, взаимоисключающими и содержат противоположные позиции.* Документ должен учитывать современные возможности цифровых технологий по формированию комфортной городской среды. Кроме этого включают вопросы по организации работы по капитальному ремонту, ликвидации аварийного жилого фонда, модернизации коммунального комплекса [2,4].

Красноярск один из «пяти умных» городов России. Такой вывод опубликовал Национальный исследовательский институт технологий и связи по 7 группам: умная экономика, управление, развитые технологии, интернет-активность горожан и развитые системы мониторинга экологических угроз. Город стал третьим по уровню развития технологий это точки мобильного интернета и Wi-Fi. Второе место после Новосибирска по развитости «умной среды» — это экологическое направление по борьбе с образованием незаконных свалок и систем экомониторинга. На шестом месте по показателям «умные финансы» и «умные жители». Первые это развитость систем самообслуживания у банков, безналичный проезд в общественном транспорте, прозрачность госзакупок, второе — доступность информации о вакансиях, активности интернет - пользователей и развитие электронных дневников в школах.

Согласно полученным данным рис. 2 «Умное управление»— развитость информационных систем мэрии, открытости власти, вовлеченности горожан в управление городом. По результатам этого графика значение изучаемого признака – «Умного управления», не совпадает с данные по Красноярску, средние данные отстают от медианного значения.

Первые 4 места в рейтинге заняли Москва, Санкт-Петербург, Казань и Екатеринбург. Новосибирск немного недотянул до Красноярска. Сравнение городов России на основе данных по 26 показателям. Источник НИИТС рис. 3. По эффективности развития города (сравнивали уровень развитости города и его бюджет на человека) наш город близок к Екатеринбургу.

Рис. 2 Умная экономика

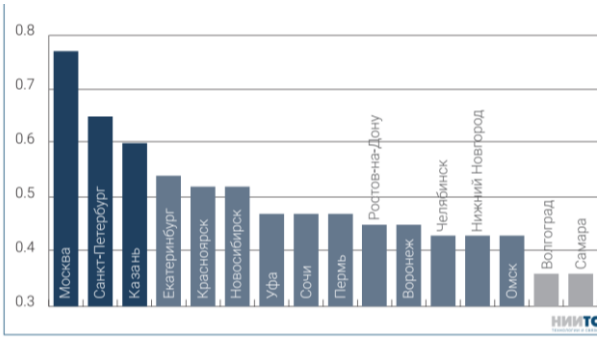


Рис. 3 Уровень развития города и его бюджет на человека (разработано http://www.admkrsk.ru)

Определение «Умного города» трактуется экспертами неоднозначно. И все же их формулировки и определения сходятся в одном: умный город управляется данными, которые позволяют муниципальным службам повышать качество жизни населения. Вся информация охватывают такие сферы жизни горожан, как безопасность, транспорт, медицинские услуги, коммунальное хозяйство, благоустройство и т.д. Источниками данных служат видеокамеры, различные датчики, сенсоры, информационные системы и прочее [3].

По оценкам ООН, к 2050 году 67% населения Земли будут проживать в городах. Уже сейчас некоторые мегаполисы мира перенаселены. Городские власти не всегда справляются с уборкой мусора, поставкой коммунальных ресурсов и электроэнергии по районам и многое другое, с чем приходиться работать. Чтобы предоставлять населению качественные городские услуги, администрации все чаще внедряют различные информационные системы рис. 4.

Рис. 4 Процентное соотношение людей проживающих в городах и сельской местности (разработано http://www.admkrsk.ru)

Индекс цифровизации городского хозяйства «IQ городов» разработан Минстроем России совместно с МГУ им. Ломоносова в рамках ведомственного проекта «Умный город». Реализуется в рамках двух национальных проектах – «Жилье и городская среда» и «Цифровая экономика». Цифровизация это общемировой тренд, от нее никто никуда не денется, главное во время разобраться и создать гибкие конкурентоспособные производства. «IQ городов» рассчитывается по десяти направлениям (городское управление, умное ЖКХ, инновации для городской среды, умный городской транспорт, интеллектуальные системы общественной и экологической безопасности, туризм и сервис, интеллектуальные системы социальных услуг, экономическое состояние и Инвестклимат, инфраструктура сетей связи) и содержит 47 показателей. В текущем индексе отражены результаты цифровизации городского хозяйства 191 города - это города с населением свыше 100 тысяч человек и административные региональные центры, которые по умолчанию участвуют в проекте

Инвестиционный климат; понятие, характеризующее инвестиционную привлекательность рынка с точки зрения его потенциала. Инвестклимат – это не константа. Он постоянно меняется и зависит от динамики проводимой внутренней экономической политики. Принятая методика расчета индекса «IQ городов» предполагает деление городов на 4 группы. По численности населения по аналогии расчета индекса качества городской среды: крупнейшие города (от 1 миллиона) – таких

городов всего 15. Крупные города (от 250 тысяч человек до миллиона) – 63 города. Большие города (от ста до ста пятидесяти тысяч человек) – 93. С населением (менее 100 тысяч человек) – 20 городов это административные центры, участвующие в проекте умный город и муниципалитеты, которые участвовали в расчете индекса по собственной инициативе [4].

Проект «Умный город», родоначальником которого является японская компания «Никкен-Сиккей». Этой компанией было предложено создать в Красноярске современный жилой район, экономичный, безопасный с точки зрения экологии, где можно будет использовать неучтенную энергию реки Енисей. Для этого нужно предложить горожанам разумно распорядиться деньгами, не оплачивать утечку тепловой энергии, а чтобы горожанин мог самостоятельно регулировать теплопотребление в своей квартире в многоэтажном доме. Предложив альтернативные дешевые технологии, по теплоснабжению жилья, можно найти ресурс для содержания жилого фонда Красноярска без повышения оплаты за коммунальные услуги [5, 6]. Жители района будут жить в самом современном районе мегаполиса. С помощью современных способов связи они смогут отслеживать информацию о загруженности дорог, об очередности в различных учреждениях. Представители японской делегации подчеркнули, что «Красноярск-Сити» станет для их компании первым проектом, реализуемым в таких климатических условиях: «Мы реализуем проекты «Умный дом» в разных странах и городах: в Красноярске температура зимой достигает −30, −40 градусов, в городах Саудовской Аравии — до + 50 градусов. Главным критерием внедрения является правильный выбор технологий и дальнейшая система управления». В новом микрорайоне «Красноярск-Сити» создадут крупный транспортно-пересадочный узел, который смог бы стать местом стыковки различных видов транспорта. Проекты, предлагаемые компанией «Никкен-Сиккей», непосредственно связаны с разработкой генерального плана Красноярска. «Разрабатывая новый генеральный план, мы должны ориентироваться на новые технологии, связанные не только с возведением зданий, но и с их эксплуатацией и в целом с жизнью города». После 2033 года пр. Мира проектировщики обещают нам преобразовать в пешеходно-транспортную улицу рис 5.

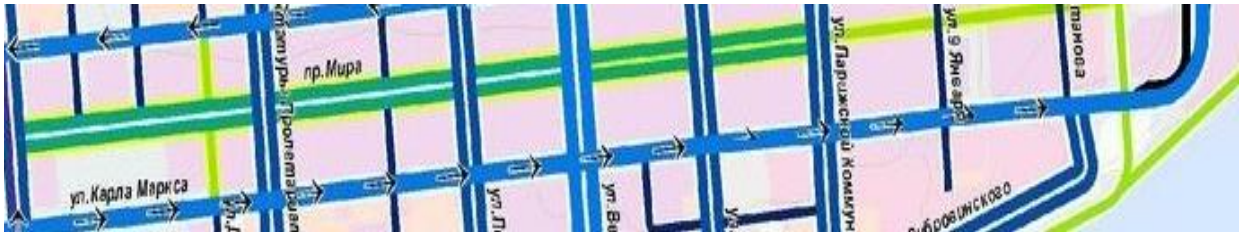


Рис. 5 (разработано http://www.admkrsk.ru)

Заключение Данная тема заинтересовала практически всех не равнодушных людей и к ней ещё не раз будем возвращаться. Переориентация в стратегии развития городов в «умные» является общемировым трендом. Предполагает комплексный подход, динамичной перестройки системы управления, развитие муниципалитетов, включающую смену стандартов, критериев, целей и задач, показателей результативности и эффективности. Главной движущей силой развития становится активное участие граждан в многослойной, многофункциональной жизни города, способной к трансформации среды обитания человека, сохранения экологического равновесия природы.

Библиографический список:

1. Умный город (Smart City) [Электронный ресурс]. URL: robo-sapiens.ru/stati/umnyiy-gorod 2020г.

2. Интеграционная платформа [Электронный ресурс]. URL: integra-s.com/smartcity 2020г.

3. Вебер М. Город [Электронный ресурс]. URL: http://krotov.info/ library/03_v/eb/er_07.html (дата обращения: 11.02.2014).

4. Лэндри Ч. Творческий город [Электронный ресурс] // 60 параллель. 2004. № 3 (14). URL: http://www.journal.60parallel.org/ru/journal/2004/8/69 (дата обращения: 0.02.2014).

5. Seisdedos G. ¿Qué *%&! es una Smart City? [Электронный ресурс]. URL: http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit188/monograficoseisdedos.pdf (дата обращения: 12.02.2014).

6. [Электронный ресурс] URL: http:// 24rus.ru/news // economy/143157.html (дата обращения: январь 2020).

Сатторов Карим Каршиевич
кандидат технических наук, доцент,заведующий кафедрой пищевых производств,
Гулистанского государственного университета,г.Гулистан,Узбекистан

Sattorov Karim Karshievich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Production,
Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

УДК 665.335

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ МАСЕЛ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА

INFLUENCE OF OIL HYDROGENIZATION CONDITIONS ON PROCESS SELECTIVITY

Аннотация. Изучено влияние условий гидрогенизации масел на селективность процесса. Определенный технологический параметры обеспечивающие высокую степень селективности

Annotation. The effect of oil hydrogenation conditions on the selectivity of the process was studied. Certain process parameters providing a high degree of selectivity

Ключевые слова: гидрогенизация, условия селективность технологический параметры

Key words: hydrogenation, conditions selectivity process parameters

В химических процессах гидрогенизации масел и жиров участвует несколько веществ или смесь веществ, способных к различным превращениям, под селективностью понимают преимущественное протекание лишь одной из возможных реакций, превращение по одному из возможных направлений, либо расход лишь одного из веществ [1,2].

Ненасыщенные триглицериды большинства растительных масел и животных жиров образованы диненасыщенной линолевой кислотой (Л) и мононенасыщенной олеиновой кислотой (Ол) [3]. Селективность гидрирования таких масел и жиров выражается прежде всего в следующем:

преимущественное гидрирование глицеридов линолевой кислоты в смесях с глицеридами мононенасыщенных кислот (олеиновой кислоты и ее изомеров);

значительно более высокая скорость гидрирования глицеридов линолевой кислоты по сравнению со скоростью гидрирования глицеридов олеиновой и других мононенасыщенных кислот;

гидрирование только одной двойной связи в линолевой кислоте;

значительно более высокая скорость гидрирования глицеридов цис-изомеров ненасыщенных жирных кислот в смеси с их транс-изомерами;

значительно более высокая скорость гидрирования глицеридов диненасыщенных жирных кислот с сопряженными двойными связями по сравнению с их изомерами с изолированными двойными связями.

Экспериментально Установлено, что при раздельном гидрировании глицеридов линолевой и олеиновой кислот скорость насыщения ацилов линолевой кислоты в зависимости от условий процесса в 2–10 раз превосходит скорость насыщения ацилов олеиновой кислоты [4]. В таких же условиях относительные скорости одновременного гидрирования ацилов линоленовой, линолевой и олеиновой кислот на никелевых катализаторах характеризуются величинами:

- олеиновая кислота 1
- линолевая кислота 20–50
- линоленовая кислота 30–100

Селективное гидрирование смесей триглицеридов линолевой и олеиновой кислот можно представить схемой, в которой буквой С обозначена стеариновая кислота [5].

$$Л \xrightarrow{K_Л} Ол$$

$$Ол \xrightarrow{K_{Ол}} C$$

В этой схеме $k_Л$ – удельная скорость гидрирования линолевой кислоты в смесях глицеридов линолевой и олеиновой кислот (константа скорости реакции гидрирования линолевой кислоты). Обозначение $k_{Ол}$ относится к удельной скорости гидрирования олеиновой кислоты и обозначает константу скорости реакции гидрирования олеиновой кислоты.

При абсолютно селективном процессе гидрирование олеиновой кислоты и ее образовавшихся изомеров начинается только после завершения гидрирования линолевой кислоты в триглицеридах. Процесс протекает строго по последовательной схеме, $k_{Ол} = 0$ до тех пор, пока в гидрируемом сырье присутствуют глицериды линолевой кислоты:

$$Л \rightarrow Ол \rightarrow С$$

В промышленных условиях, за исключением особых случаев, гидрирование не проходит абсолютно селективно – параллельно с той или иной скоростью протекают обе реакции (табл.1). Чем выше селективность гидрирования, тем меньше константа скорости реакции превращения олеиновой кислоты, входящей в состав глицеридов, в стеариновую.

Таблица 1.

Изменение жирнокислотного состава пхлопкового масла при селективном гидрировании на никель-медном катализаторе

ЙЧ, г I_2/100г	Жирнокислотный состав, %				Примечание
	18:2	18:1	18:0	16:0	
116,8	54,6	20,9	4,2	6,3	Селективное гидрирование глицеридов линолевой кислоты
104,8	32,4	55,6	4,6	6,4	
85,6	12,9	73,6	7,1	6,4	
77,2	5,6	78,5	9,5	6,4	Переходная область гидрирования
72,6	3,2	78,0	12,4	6,4	
65,6	1,8	72,7	19,1	6,4	Гидрирование глицеридов олеиновой кислоты и ее изомеров
57,3	0	66,6	27,1	6,3	
51,4	–	59,8	33,8	6,4	
46,1	–	53,6.	40,0	6,4	
41,5	–	48,2	46,4	6,4	

Мерой селективности процесса служит коэффициент, численно равный отношению констант $k_Л = k_{Ол}$ чем выше селективность процесса, тем больше значение этого коэффициента.

Более наглядным методом оценки селективности гидрирования является отношение прироста содержания мононенасыщенных кислот в глицеридах гидрированного жира ($\Delta[Ол] = [Ол]_{кон} - [Ол]_0$) к величине, характеризующей снижение содержания диненасыщенных кислот ($\Delta[Л] = [Л]_0 - [Л]_{кон}$):

$$K_Л = \frac{\Delta[Ол]}{\Delta[Л]} \bullet 100$$

где $\Delta[Ол]$ – разница между конечным и начальным содержанием олеиновой кислоты в глицеридах гидрируемого сырья ($[Ол]_{кон}$ и $[Ол]_0$ соответственно); $\Delta[Л]$ – разница между начальным и конечным содержанием линолевой кислоты ($[Л]_0$ и $[Л]_{кон}$ соответственно).

Между кинетическим коэффициентом селективности $k_Л = k_{Ол}$ и концентрационным коэффициентом селективности $K_Л$ существует зависимость, представленная в табл.2.

Таблица 2.

Соотношение между кинетическим и концентрационным коэффициентами селективности гидрирования

Коэффициент	Значение коэффициента					
$k_Л = k_{Ол}$, %	10	15	20	30	40	50
$K_Л$, %	85	90	92	95	96	97

Снижение селективности гидрирования до уровня 85–90% приводит к существенному приросту содержания в глицеридах саломасов стеариновой кислоты при высоком остаточном содержании линолевой кислоты. Для подобных саломасов характерны следующие особенности:

- неоднородная кристаллизация при охлаждении до комнатной температуры;
- расслаивание на жидкую и мягкую застывшие фракции при хранении;
- повышенная температура плавления при относительно низкой твердости;
- салистый привкус застывшего жира и другие.

Следует различать селективность процесса и селективность химической реакции на катализаторе (селективность катализатора) [6]. Селективность катализатора определяется его пористой структурой и химическим составом [7].

Повышение давления водорода и интенсивности перемешивания, снижение температуры реакционной среды, снижение концентрации глицеридов линолевой кислоты и некоторые другие факторы уменьшают селективность процесса даже при использовании высокоселективных гидрирующих катализаторов.

Селективность процесса подчиняется ряду закономерностей [8]:

- на первых стадиях процесса гидрогенизации линолевая кислота, входящая в состав глицеридов, насыщается гораздо предпочтительнее олеиновой;
- при гидрировании глицеридов линолевой кислоты предпочтительнее насыщается двойная связь в положении Δ12 по сравнению с двойной связью в положении Δ9;
- при гидрировании глицеридов диеновых кислот с изолированными и сопряженными двойными связями предпочтительнее гидрируются кислоты с сопряженными двойными связями, поэтому, несмотря на непрерывное образование сопряженных изолинолевых кислот в процессе гидрировании, их количество в гидрогенизатах редко превышает 2–3%;
- при гидрировании пространственных изомеров предпочтительнее насыщаются цис–изомеры, чем транс–изомеры.

Селективность гидрирования различных соединений в смесях объясняется различиями в их адсорбционной способности. В частности, адсорбционная способность снижается по мере уменьшения числа этиленовых связей в молекуле кислоты. В результате этого ацилы линоленовой кислоты вытесняют с каталитической поверхности ацилы линолевой кислоты и т. д. (конкурирующая адсорбция). Ацилы линолевой и полиненасыщенных кислот способны вытеснять с поверхности катализатора и хемосорбированный водород, что также способствует селективному гидрированию вследствие недостатка хемосорбированного водорода на катализаторе.

На селективность гидрирования оказывают влияние и технологические факторы. На основном этапе процесса, когда гидрирование протекает в кинетической области по отношению к глицеридам диненасыщенных кислот (диффузионная область по отношению к водороду), возможно повышение селективности гидрирования за счет возрастания температуры, увеличения количества и повышения активности катализатора, снижения давления водорода и интенсивности перемешивания. В области пониженных концентраций глицеридов диненасыщенных кислот, т.е. в условиях, когда скорость гидрирования лимитируется диффузией этих триглицеридов (диффузионная область по отношению к глицеридам диненасыщенных кислот), селективность гидрирования снижается с повышением температуры (так как скорость поверхностной реакции возрастает сильнее, чем скорость диффузии), повышается с интенсивностью перемешивания, снижается по мере увеличения давления водорода и активности катализатора.

Качественная характеристика влияния технологических факторов на селективность гидрирования ацилов линолевой кислоты приведена в табл.3. Знаком (+) отмечено повышение, а знаком (–) – снижение селективности процесса по мере возрастания данного технологического

параметра.

Таблица 3.

Влияние технологических факторов на селективность гидрирования при повышении параметра

Воздействующий параметр процесса	Изменение селективности гидрирования в диффузионной области	
	по водороду	по глицеридам линолевой кислоты
Температура	+	–
Давление водорода	–	–
Интенсивность перемешивания	–	+
Активность катализатора	+	–
Концентрация катализатора в сырье	+	+

Таким образом, повышению селективности гидрирования способствует осуществление процесса в условиях, при которых гидрирование протекает в кинетической области по глицеридам диненасыщенных кислот и лимитируется переносом водорода к зоне реакции. Однако поскольку для повышения производительности гидрогенизационных установок необходимо улучшение гидродинамического режима реакторов, требуемую селективность гидрирования обеспечивают подбором катализатора, его количества и температуры процесса.

В табл.4 показана зависимость селективности катализатора N-800 (фирмы Basf, Германия) при различных температурах гидрирования, а в табл.5 приведены данные по селективности этого же катализатора при различной интенсивности барботажа водорода.

Таблица 4.

Селективность катализатора “Нисосел-800” (N-800) при различных температурах гидрирования (хлопковые масло, 0,05% никеля, интенсивность барботажа водорода 180 $м^3$/ч на тонну масла)

Показатель	Значение показателя				
Температура, °С	120	140	160	180	200
ЙЧ саломаса, г I_2/100 г	86	81	79	81	77
Селективность:					
$K_Л$, %	90	90	92	93	95
$k_Л$ / $k_{Ол}$	15	15	17	20	30

Таблица 5.

Селективность катализатора N-800 при различной интенсивности барботажа водорода (хлопковые масло, 0,05% никеля, 200°С)

Показатель	Значение показателя				
Барботаж водорода, $м^3$/ч на тонну масла	15	30	60	120	180
ЙЧ саломаса, г I_2/100 г	81	80	84	79	77
Селективность:					
$K_Л$, %	97	97	96	96	95
$k_Л$ / $k_{Ол}$	50	50	40	40	30

Данные табл.4 и 5 показывают, что катализатор N-800 отличается высокой селективностью

гидрирования даже в условиях интенсивного перемешивания и умеренных температур процесса.

При 180–220°С и избыточном давлении водорода до 0,2 МПа современные никелевые промышленные катализаторы обладают селективностью Кл = 92–98% в области высоких и средних концентраций диненасыщенных кислот в глицеридах. При концентрации линолевой кислоты ниже 15–17% селективность гидрирования колеблется в пределах 70–80%.

В целях повышения селективности гидрирования необходимо создавать катализаторы с широкими порами – диаметром более 2,5 нм. Широко распространенным приемом повышения селективности гидрирования является модификация катализатора путем его повторного использования. В табл.6 приведены результаты гидрирования хлопковые масла на отработанном катализаторе N-800.

Таблица 6.

Гидрирование хлопковые масла на отработанном катализаторе N-800 (200 °С, 0,1% никеля в масле)

Показатель	Значение показателя			
ЙЧ гидрогенизата, г I_2/100 г	99	95	89	80
Селективность гидрирования, $А_л$, %	99	97	96	95
Прирост содержания стеариновой кислоты, %	0	0	3	3
Остаточное содержание линолевой кислоты, %	24	18	12	6

Анализ количественных показателей селективности гидрирования жиров позволяет сделать следующее **заключение**: чем выше селективность процесса, тем меньше прирост содержания ацилов стеариновой кислоты в триглицеридах саломаса при заданной глубине насыщения сырья.

Библиографический список:

1. Денисова С.А., Пилипенко Т.В. Пищевые жиры. -М.: Экономика, 1998. -80 с.
2. Донченко Л.В. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания. -М.: Пищепромиздат, 1999. -360 с.
3. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. -М.: Высшая школа, 1991. -258 с.
4. Мажидова Н К. Кадиров Ю К. Исследование процесса гидрогенизации хлопкового масла на катализаторах нового поколения / Вестник "Всероссийский научно-исследовательский институт жиров", 2011, № 2.
5. Арутюнян, Н.С. Технология переработки жиров. / Н.С.Арутюнян [и др.] -М.: Пищепромиздат, 1999. – 452 с.
6. Перкель Р.Л. Исследование, разработка технологии и организация производства пищевых переэтерифицированных жиров / Диссертация доктора технических наук. -Л.: ВНИИЖ, 1990. -60 с.
7. Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства масложировой промышленности. -Л.: т.I-VI, кн.1-2, 1967-1989 гг.
8. Ипатова, Л.Г., Кочеткова, А.А., Нечаев, А.П. Новые направления в создании функциональных жировых продуктов // Масложировая промышленность, 2006, – №4, 12-14 с.

Кондрашков Анатолий Викторович
Kondrashkov Anatoly Viktorovich
К.ф.-м.н., Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петнрбург. E-mail: ankonxix@yandex.ru

УДК 517.968.22

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАКРОЭКОНОМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ

ON IDENTIFICATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF MACROECONOMICS USING TIME SERIES OF REAL DATA

Аннотация: В статье рассматривается расширение хорошо известной динамической модели Солоу. Для оценки параметров расширенной модели использовались макроэкономические данные СССР за годы с 1958 по 1990. Поиск решения полученной нелинейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений выполнен численными методами.

Annotation: In the article an extension of the well-known Solow dynamic model is considered. To evaluate the extended model parameters, the USSR's macroeconomic data for the years from 1958 to 1990 were used. The search for a solution to the obtained nonlinear system of ordinary differential equations is realized using numerical methods.

Ключевые слова: Производственная функция, обыкновенное дифференциальное уравнение, временной ряд, метод наименьших квадратов.

Keywords: Production function, ordinary differential equation, time series, least squares method.

Введение. Широко известная (с 1956 г.) макроэкономическая модель Солоу содержит исходные предположения, которые противоречат реальным данным. Если отказаться от сомнительных ограничений в исходных предположениях, то появляется возможность составить более общую динамическую модель, обеспечивающую выполнение расчетов, результаты которых хорошо согласуются с имеющимися данными наблюдений. При этом обе модели предназначены для описания одного и того же процесса в пространстве *переменных состояния* $\{K, L, Z\}$: K - капитал, L – число занятых, Z – соответствующий размер ВВП.

Производственные функции. Один из постулатов макроэкономики утверждает, что существует *производственная функция* (ПФ) $F(K, L)$ [1-4], которая устанавливает «теоретическую» зависимость

$$Z = F(K, L)$$

в тройке величин $\{K, L, Z\}$. С целью выполнения тех или иных расчетов используют *аналитические формы* ПФ, перечень которых можно найти там же, в [1-4]. В частности, сюда относится полезная *мультипликативная* форма ПФ:

$$Z = f(K, L) \coloneqq e^{\gamma} K^{\alpha} L^{\beta} \quad (\alpha > 0, \beta > 0\ ). \tag{1}$$

Всякое соотношение такого рода рассматривается как *уравнение состояния*.

Уравнение баланса. Другой постулат связывает скорость изменения величины K с текущим состоянием. Опуская экономические соображения и подробности, примем *уравнение баланса* следующем виде [3-4]:

$$\frac{dK}{dt} = -\mu K + \rho Z, \quad Z = f(K, L). \tag{2}$$

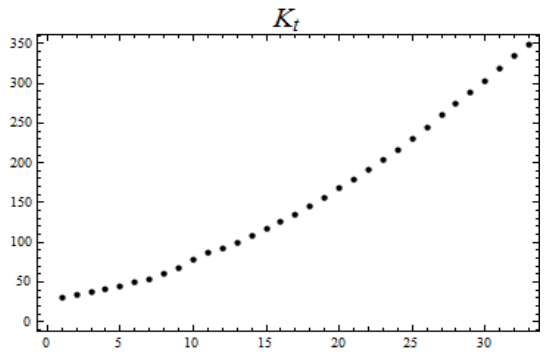
Здесь уравнение состояния рассматривается как «съемный модуль», так что в случае необходимости можно заменить f какой-то другой формой ПФ из упомянутого выше перечня.

Временные ряды для идентификации. Ниже используются макроэкономические данные СССР за 33 года (с 1958 по 1990), взятые из работы [2] (Приложение 1; с. 81-82). Все данные в таблице безразмерные, в %-тах по отношению к уровню 1970 года.

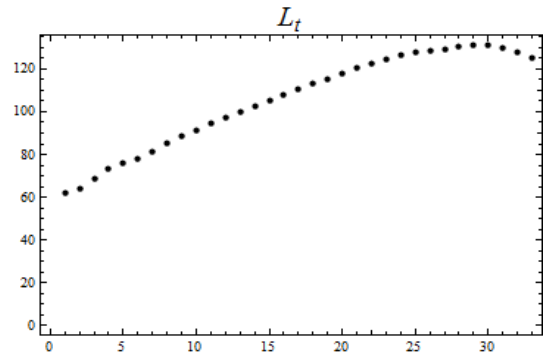
Таблица 1.

Индексы выпуска, фондов и труда по СССР

№= t	Год	Z	K	L	№= t	Год	Z	K	L
1	1958	43.20	30.83	61.97	18	1975	131.73	145.69	113.30
2	1959	46.45	33.94	64.19	19	1976	139.48	156.78	115.52
3	1960	50.17	38.10	68.74	20	1977	145.81	167.69	117.96
4	1961	53.59	41.59	73.06	21	1978	153.32	179.45	120.40
5	1962	56.63	44.97	75.72	22	1979	157.10	191.56	122.62
6	1963	58.90	49.79	78.16	23	1980	164.82	203.74	124.72
7	1964	64.38	54.31	81.26	24	1981	173.55	216.58	126.39
8	1965	68.81	60.16	85.25	25	1982	186.64	230.20	127.72
9	1966	74.39	68.11	88.36	26	1983	195.43	244.73	128.71
10	1967	80.85	78.00	91.24	27	1984	203.11	259.80	129.49
11	1968	87.55	86.68	94.35	28	1985	206.29	274.32	130.60
12	1969	91.68	93.01	97.45	29	1986	211.03	288.73	131.37
13	1970	**100.00**	**100.00**	**100.00**	30	1987	214.41	303.50	131.49
14	1971	105.65	107.84	102.88	31	1988	223.85	318.14	129.93
15	1972	109.81	116.64	105.54	32	1989	229.43	333.94	127.94
16	1973	119.62	125.98	108.09	33	1990	220.26	349.49	125.17
17	1974	125.98	135.32	110.64					



а)



б)

Рис. 1. Временные ряды «наблюдаемых» данных: а) $\{K_t\}$; б) $\{L_t\}$.

Идентификация формы ПФ. Мультипликативная форма ПФ (1) допускает переход к уравнению вида

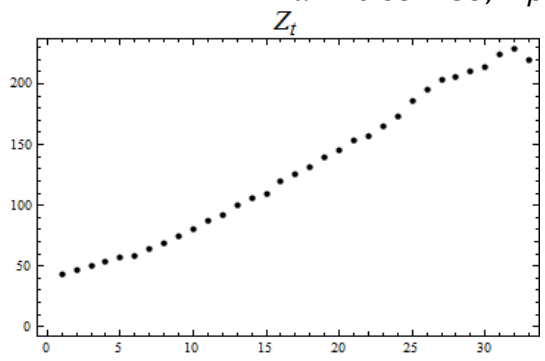
$$\ln Z = \gamma + \alpha \ln K + \beta \ln L.$$

Согласно *методу наименьших квадратов* (МНК) оптимальный вектор $(\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma})$ может быть получен как решение задачи минимизации:

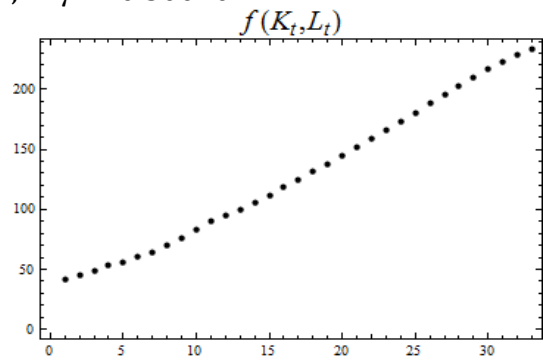
$$\sum_{t=1}^{n} (\gamma + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t - \ln Z_t)^2 \longrightarrow \min .$$

Результаты поиска решения:

$$\hat{\alpha} = 0.631453, \quad \hat{\beta} = 0.260211; \quad \hat{\gamma} = 0.500404.$$



а)



б)

Рис 2. Временные ряды: а) $\{Z_t\}$ «наблюдаемых» данных; б) $\{f(K_t, L_t)\}$ «вычисляемый».

Исходные предположения модели Солоу. Эта модель рекомендует принять некие ограничения [3-4], касающиеся ПФ и скорости изменения величины L.

(А) Форма ПФ однородная степени 1.

(Б) $dL/dt = aL \quad (a > 0)$.

Смысл этих мероприятий состоит в следующем. Если принять условия (А) и (Б), то для «удельной» величины $U \coloneqq K/L$ с помощью уравнения баланса выводится некое обыкновенное дифференциальное уравнение (ОДУ) 1-го порядка. Более того, если выбрать мультипликативную форму ПФ *Кобба-Дугласа* ($\alpha + \beta = 1$), то получается уравнение Бернулли, точное решение которого широко известно. Ценность модели Солоу заключается в том, что она обеспечивает получение требуемых результатов чисто аналитическими методами. Простая модель Солоу применяется также как модуль в более сложных макроэкономических моделях [3].

Известно ([1], с. 69-72), что в прошлом имели место исследования с целью обосновать правомерность выбора формы ПФ Кобба-Дугласа.

Некоторое недоумение может вызвать принятие уравнения (Б), обеспечивающего неограниченный рост L при $t \to \infty$. Однако эта «экспоненциальная модель» (по Мальтусу) нередко встречается в тех или иных теоретических конструкциях [3].

В силу ограниченности ресурсов, более реалистичной выглядит «логистическая модель» (по Ферхюльсту):

(Б′) $dL/dt = aL - cL^2 \quad (a > 0,\ c > 0)$.

Нелинейное уравнение (Б′) служит расширением линейного уравнения (Б), демонстрирует ограниченный рост в полосе $0 \le L \le a/c$.

Выбор расширения модели процесса. Среди (А) и (Б) есть еще одно ограничение, которое не высказывается явно. По факту уравнение для dL/dt вводится как независимое. С другой стороны, из рис. 1. а) видно, что $L(t)$ имеет локальный максимум при некотором $t = t^*$. Тем самым принятие какого-либо отдельного уравнения вида

$$dL/dt = G(L)$$

неизбежно ведет к противоречию, поскольку

$$0 > \ddot{L}(t^*) = G'\big(L(t^*)\big)\dot{L}(t^*) = 0.$$

Чтобы избежать возникновения противоречивых моментов, целесообразно снять упомянутые выше ограничения, а также допустить к принятию уравнение более общего вида:

$$dL/dt = G_1(K, L).$$

Для описания динамики состояний можно предложить модель в виде следующей системы ОДУ:

$$\begin{cases} \dfrac{dK}{dt} = -\mu K + \rho Z, \qquad Z = f(K, L), \\ \dfrac{dL}{dt} = L(a - bK - cL) \end{cases} \tag{3}$$

Здесь $b \neq 0$, поскольку в системе не должно быть отдельных уравнений. При этом второе уравнение служит простым расширением как уравнения (Б′), так и уравнения (Б).

Обратная задача.

Во-первых, **идентификация**: с использованием исходных данных (в формате временных рядов $\{K_t\}$, $\{L_t\}$, $\{Z_t\}$) требуется определить оптимальные значения (оценки) внешних параметров системы ОДУ (3), т. е. коэффициентов ее уравнений.

Во-вторых, **поиск решения**: с использованием полученных значений внешних параметров требуется найти решение $(K(t), L(t))$ системы ОДУ (3), удовлетворяющее начальным условиям:

$$K(t = 1) = K_1, \quad L(t = 1) = L_1. \tag{4}$$

Этап идентификации динамической модели. Пусть χ – равномерная сетка с шагом $\delta \coloneqq 1$ на промежутке времени $[1, n\delta]$, где $n \coloneqq 33$ – число элементов временного ряда $\{K_t\}$. В результате сужения на сетку χ, ОДУ системы (3) приобретают вид:

$$\frac{D_\chi K}{K} = -\mu + \rho\frac{Z}{K} + \epsilon_1, \qquad \frac{D_\chi L}{L} = a - bL - cK + \epsilon_2.$$

В трудах по МЭ [3] обычно принимают $\delta = 1$. Через D_χ обозначается оператор взятия разностной производной на сетке χ:

$$D_\chi Y(t) := \begin{cases} (Y(t+\delta) - Y(t))/\delta, & t = \delta, \\ \dfrac{Y(t+\delta) - Y(t-\delta)}{2\delta}, & \dfrac{t}{\delta} = \overline{2, n-1}, \\ (Y(t-\delta) - Y(t))/\delta, & t = n\delta, \end{cases}$$

где $Y(t)$ - произвольно взятая пробная функция на промежутке $[1, n\delta]$.

Пусть $(\hat{\mu}, \hat{\rho})$ и $(\hat{a}, \hat{b}, \hat{c})$ - это векторы искомых оценок коэффициентов. Согласно МНК, каждый из этих векторов есть решение своей задачи минимизации:

$$\sum_{t=1}^{n} (\epsilon_{1t})^2 \longrightarrow \min, \quad \sum_{t=1}^{n} (\epsilon_{2t})^2 \longrightarrow \min.$$

Результаты МНК-идентификации 1-го ОДУ системы (3):

$$\hat{\mu} = 0.027049, \quad \hat{\rho} = 0.108683.$$

Уместно затронуть вопрос об оценке значимости коэффициентов 2-го уравнения с точки зрения регрессионного анализа [5].

Coeff.	Estimate	Standard Error	t−Statistic	$P(\lvert T\rvert > \lvert t\rvert)$
a	0.0503202	0.00900328	5.58909	4.41788×10^{-6}
b	0.000189735	0.0000270565	7.01254	8.57405×10^{-8}
c	-6.51918×10^{-6}	0.000119211	−0.0546861	0.956751

Рис. 3. Отчет по идентификации формы $(a - bK - cL)$.

Из отчета видно, что «нулевая гипотеза» $[c = 0]$ не отвергается в пользу альтернативной, на уровне значимости 5%. Здесь T – это критическое значение t-статистики Стьюдента, а $P(\ldots)$ – соответствующая доверительная вероятность. Таким образом, имеются основания принять $\mathrm{c} = 0$ и заново определить коэффициенты $(\hat{a}, \hat{b}, \mathrm{c} = 0)$ по схеме МНК:

$$\sum_{t=1}^{n} (\epsilon_{2t}[c = 0])^2 \longrightarrow \min.$$

Coeff.	Estimate	Standard Error	t−Statistic	$P(\lvert T\rvert > \lvert t\rvert)$
a	0.0507998	0.00199839	25.4203	2.52562×10^{-22}
b	0.000188385	0.0000108968	17.288	1.79683×10^{-17}
c				

Рис. 4. Отчет по идентификации укороченной формы $(a - bK)$.

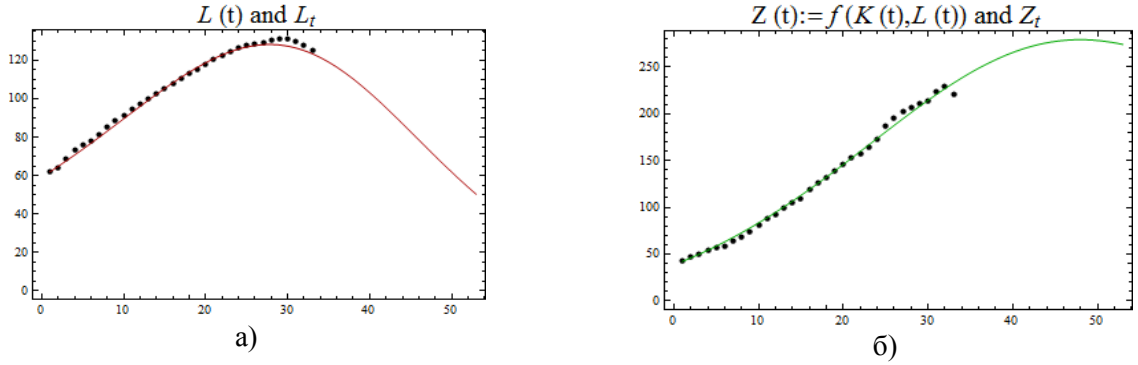
Согласно новому отчету результаты МНК-идентификации 2-го ОДУ системы (3):

$$\hat{a} = 0.0507998, \quad \hat{b} = 0.000188385, \quad \hat{c} = 0.$$

После всех этих мероприятий система (3) приобретает окончательный вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dK}{dt} = -\hat{\mu}K + \hat{\rho} f(K, L), \\ \dfrac{dL}{dt} = L(\hat{a} - \hat{b}K). \end{cases} \tag{5}$$

Этап поиска решения. Здесь не идет речь о нахождении точного решения в явном виде. С использованием численных методов, для системы ОДУ (5) с учетом начальных условий (4) получено приближенное решение $(K(t), L(t))$, в виде массива числовых данных с последующей интерполяцией.



а) б)

Рис. 5. Визуальное сравнение наблюдаемых данных с расчетными.

К этому можно добавить, что максимальная относительная ошибка аппроксимации ряда $\{L_t\}$, вычисленная по формуле

$$\mathrm{err}[L] \coloneqq \max_{t\in\chi}\{|L(t) - L_t|/L_t\},$$

составляет 3.2546%, достигается при $t = 4$.

Заключение. В настоящей работе все необходимые расчеты (как численные, так и графические) выполнены с использованием программы *Wolfram Mathematica*.

Библиографический список:

1. Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование. Моделирование микро- и макроэкономических процессов и систем: Учеб. пособие. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – 422 с.

2. Бессонов В. А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике / В кн.: В. А. Бессонов, С. В. Цухло // Анализ динамики российской переходной экономики. – М.: Институт экономики переходного периода, 2002. – С. 5–89.

3. Колемаев В. А. Математическая экономика: Учебник для вузов. — 3-е изд. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 399 с.

4. Хачатрян Н. К. Математическое моделирование экономических систем. – М.: Изд-во «Экзамен», 2008. – 158 с.

5. Фёрстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов. - М.: "Финансы и статистика", 1983. – 304 с.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2020