

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№3 2020

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2020**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №3 2020г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2020. – 146 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvr.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;

В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;

В.К. Половняк – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харламиди – д.х.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

В.С. Минкин, А.Г. Замалиев, И.Н. Набиуллин, М.А. Мухамедзянов, Р.Н. Хамидуллин ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ С МАГНИТНЫМИ СВЯЗЯМИ ЗВЕНЬЕВ 8

05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Г.Н. Аглямзянова, Л.З. Гумерова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM-СИСТЕМ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 11

А.П. Буйносов, Е.С. Юдт, А.Т. Шаранов АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ТЯГОВЫХ ПЕРЕДАЧ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 14

Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Д.К. Шакуров, Т.А. Тухватуллин АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ СТОЯНКИ 18

П.Н. Гаряев ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ 21

В.В. Гаряева ПРИНЦИПЫ ПЕРЕХОДА К МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫЙ ГОРОД» 25

В.М. Гришин, Ву Чонг Туан СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ПАССИВНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ ДОПУСКОВ 28

А.В. Запорожцев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ В РАБОТЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ 36

Ф.А. Ковалев, В.В. Малышев АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОСТРОЕНИЮ НАЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО СКАНЕРА 42

П.С. Кулясов ГЕНЕРАЦИЯ ИНДЕКСНЫХ СТРУКТУР НА БАЗЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ РЕШЕТОК И ИХ ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ 49

А.В. Шавлов, В.С. Анацкий, В.А. Астапенко МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРИ ВЫРАБОТКЕ РЕШЕНИЯ 54

05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

И.В. Зайченко, В.С. Соколова, С.А. Гордин, В.В. Бажеряну ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПРЕДПРИЯТИЯ 59

Г.Е. Кокиева ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЯМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В АРКТИКЕ 63

Г.Е. Кокиева, В.П. Друзьянова АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОРМОВ 66

Е.В. Кошлоков, А.В. Лебедь, А.А. Силаев АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ 69

В.В. Лебедев, О.В. Пухова СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ТОРФЯНЫХ СУБСТРАТАХ 73

Т.В. Рзаева, Л.А. Феоктистова, А.Р. Фардеев, С.М. Егорова МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ КОНСТРУКЦИИ ФЕРМЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ПРОГРАММ SCAD 76

<i>П.М. Салов, Л.В. Селиверстова, Е.А. Терентьев, Т.Г. Виноградова, С.С. Сайкин, П.Е. Баданов, Е.С. Алексеев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПРИ АЛМАЗНОМ ХОНИНГОВАНИИ	79
<i>Р.Р. Саубанов, С.С. Сыркин, В.В. Звездин, Р.М. Хисамутдинов, С.М. Портнов</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ	82
<i>С.С. Сыркин, В.В. Звездин, Р.М. Хисамутдинов, Р.Р. Саубанов</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ФРЕЗЫ	85

05.13.11 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

<i>Г.А. Гареева, Д.Р. Григорьева, Р.Р. Басыров</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	88
<i>Сюй И., Д.В. Бережной</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ СТУПЕНЧАТОГО ЗАКЛЕПОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ	91
<i>Сюй И., Д.В. Бережной, А.А. Пискунов</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В КОЛЬЦЕ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ	95
<i>Сюй И., Д.В. Бережной, А.А. Пискунов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦА ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО В ХИМИЧЕСКИ ЗАКРЕПЛЕННОМ ГРУНТЕ	99

05.13.11 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

<i>Т.А. Маркина, А.М. Дергачев, А.Г. Ильина, И.О. Жирков</i> МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АНТИВИРУСНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	103
<i>А.Б. Сорокин, Э.А. Иванченко</i> МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА	107

05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

<i>С.А. Гордин, И.В. Зайченко, В.В. Бажеряну, В.С. Соколова, З.Р. Махмуродзода</i> КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗИ МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРОЙ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА И ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ ТЯГОДУТЬЕВЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ	110
<i>А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, Д.И. Нуретдинов, З.А. Аюкин, Ф.Л. Назаров</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ	113
<i>Т.И. Епанчинцев, Н.М. Неустроева</i> ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ КАК СПОСОБ ОТКРЕПЛЕНИЯ СПИРАЛЬНОЙ ВОЛНЫ ОТ НЕВОЗБУДИМОГО ПРЕПЯТСТВИЯ В ИОННОЙ МОДЕЛИ МИОКАРДА	117
<i>С.Ю. Лунева, А.А. Лунева</i> СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	121
<i>А.Д. Омарова, А.Б. Чебоксаров</i> УРАВНЕНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ ВОГНУТЫМИ ОПЕРАТОРАМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. ПРИЗНАК ПРОДУКТИВНОСТИ МОДЕЛИ С ВОГНУТЫМ ОПЕРАТОРОМ	125

<i>О.В. Соловьева, С.А. Соловьев</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА ДЛЯ КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО ПРОНИЦАЕМОГО ЯЧЕИСТОГО МАТЕРИАЛА	128
--	-----

05.13.19 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Е.Н. Созинова</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	131
<i>С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов, В.А. Минаев</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	134

АННОТАЦИИ	137
------------------	-----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, A.G. Zamaliev, I.N. Nabiullin, M.A. Mukhamedzyanov, R.N. Khamidullin</i>	
DIFFERENTIAL MECHANISM WITH MAGNETIC LINKS OF LINKS	8

05.13.01 — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>G.N. Aglyamzyanova, L.Z. Gumerova</i>	USE OF CRM SYSTEMS IN THE ORGANIZATION OF PROJECT ACTIVITIES OF STUDENTS	11
<i>A.P. Buinosov, E.S. Yudt, A.T. Sharapov</i>	ANALYSIS OF THE MAIN REASONS FOR FAILURES OF ELECTRIC TRUCK TRANSMISSIONS	14
<i>R.M. Galiev, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov, D.K. Shakurov, T.A. Tukhvatullin</i>	ANALYSIS AND PROCESSING INFORMATIONAL PARAMETER SPECIALIZED PARKING	18
<i>P.N. Garyaev</i>	APPLICATION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF URBAN TERRITORIES	21
<i>V.V. Garyaeva</i>	AUTOMATION OF MONITORING OF CONSTRUCTION ACTIVITY OF REMOTE OBJECTS	25
<i>V.M. Grishin, Vu Trong Tuan</i>	SYNTHESIS OF STRUCTURE PASSIVE REDUNDANCY SUBSYSTEMS OF FLYING OBJECTS WITH ALLOWANCE FOR TOLERANCES	28
<i>A.V. Zaporozhtsev</i>	USING THE SYSTEM MODEL TO WORK WITH REQUIREMENTS	36
<i>F.A. Kovalev, V.V. Malyshev</i>	ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS FOR BUILDING A GROUND DATA PROCESSING SYSTEM FOR AN AIRCRAFT SCANNER	42
<i>P.S. Kulyasov</i>	GENERATION OF INDEX STRUCTURES BASED ON ALGEBRAIC LATTICES AND THEIR ONTOLOGICAL REPRESENTATION	49
<i>A.V. Shavlov, V.S. Anatskii, V.A. Astapenko</i>	MATHEMATICAL MODELING THE EFFICIENCY OF INFORMATION IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS IN REACHING A DECISION	54

05.13.06 — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>I.V. Zaychenko, V.S. Sokolova, S.A. Gordin, V.V. Bazheryanu</i>	PARAMETRIC IDENTIFICATION AND MATHEMATICAL MODELING OF THE ENTERPRISE MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM	59
<i>G.E. Kokieva</i>	INNOVATIVE WAYS OF MANAGING THE LIFE SUPPORT SECTORS IN THE ARCTIC	63
<i>G.E. Kokieva, V.P. Druzianova</i>	AUTOMATION OF CALCULATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF GRANULATED FEED PRODUCTION	66
<i>E.V. Koshlov, A.V. Lebed, A.A. Silaev</i>	AUTOMATION OF A CLOSED HOT WATER SUPPLY SYSTEM FOR AN APARTMENT BUILDING USING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES	69
<i>V.V. Lebedev, O.V. Puhova</i>	AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE GREENHOUSE COMPLEX ON PEAT SUBSTRATES	73
<i>T.V. Rzaeva, L.A. Feoktistova, A.R. Fardeev, S.M. Egorova</i>	SIMULATION OF TRYSS STRUCTURES DESIGN DIAGRAM IN SCAD SOFTWARE COMPUTING	76
<i>P.M. Salov, L.V. Seliverstova, E.A. Terentyev, T.G. Vinogradova, S.S. Saykin, P.E. Badanov, E.S. Alekseev</i>	STUDY OF DIAMOND HONING TEMPERATURES	79
<i>R.R. Saubanov, S.S. Syrkin, V.V. Zvezdin, R.M. Hisamutdinov, S.M. Portnov</i>	MANAGING THE LASER WELDING PROCESS	82
<i>S.S. Syrkin, V.V. Zvezdin, R.M. Hisamutdinov, R.R. Saubanov</i>	TECHNOLOGICAL FEATURES OF LASER SURFACING OF THE CUTTING EDGE OF THE CUTTER	85

05.13.11 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>G.A. Gareeva, D.R. Grigoryeva, R.R. Basyrov</i> SOFTWARE DESIGN FOR MAKING EFFECTIVE MANAGEMENT DECISIONS	88
<i>I. Xu, D.V. Bereznoi</i> COMPUTATION OF STRESSES AT CALCULATION OF STEPPED RIVET CONNECTION	91
<i>I. Xu, D.V. Bereznoi, A.A. Piskunov</i> CALCULATION OF STRESSES IN THE RING OF THE TUNNEL LINING DURING THERMAL LOADING	95
<i>I. Xu, D.V. Bereznoi, A.A. Piskunov</i> RESEARCH OF THE PROCESSES OF DEFORMATION OF THE RING OF THE TUNNEL LINING LOCATED IN A CHEMICALLY FIXED SOIL	99

05.13.11 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL AND SOFTWARE OF COMPUTERS, COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS

<i>T.A. Markina, A.M. Dergachev, A.G. Ilina, I.O. Zhirkov</i> A METHOD OF QUANTITATIVE EVALUATION OF ANTI-VIRUS PROTECTION BASED ON SYSTEMS OF MASS SERVICE	103
<i>A.B. Sorokin, E.A. Ivanchenko</i> METHOD OF DEEP NEURAL NETWORK IMPLEMENTATION BASED ON SITUATIONAL ANALYSIS	107

05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>S.A. Gordin, I.V. Zaychenko, V.V. Bazheryanu, V.S. Sokolova, Z.R. Mahmurodzoda</i> CORRELATION ANALYSIS OF COMMUNICATION BETWEEN EXTERNAL AIR TEMPERATURE-SWITCH AND POWER CONSUMPTION BY HEAVY-DUTY HEATING BOILER MECHANISMS	110
<i>A.S. Denisov, A.T. Kulakov, D.I. Nuretdinov, Z.A. Ajukin, F.L. Nazarov</i> DEVELOPMENT OF AN ON-BOARD DIAGNOSTIC ALGORITHM FOR A CAR ENGINE LUBRICATION SYSTEM	113
<i>T.I. Epanchintsev, N.M. Neustroeva</i> HIGH FREQUENCY STIMULATION AS A METHOD OF A SPIRAL WAVE UNPINNING FROM AN UNEXCITABLE OBSTACLE IN THE IONIC MYOCARDIAL MODEL	117
<i>S.Yu. Luneva, A.A. Luneva</i> SYNTHESIS AND MODELING OF FUZZY TIME-OPTIMAL CONTROL SYSTEM	121
<i>A.D. Omarova, A.B. Cheboksarov</i> OF DIFFERENTIABLE EQUATIONS WITH CONCAVE OPERATORS. PROBLEM STATEMENT. A SIGN OF PRODUCTIVITY OF A MODEL WITH A CONCAVE OPERATOR	125
<i>O.V. Soloveva, S.A. Solovev</i> MATHEMATICAL MODELING OF THE SELECTIVE ACETYLENE HYDROGENATION PROCESS FOR THE CATALYST ON THE BASIS OF OPEN-CELL FOAM PERMEABLE MATERIAL	128

05.13.19 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

<i>E.N. Sozinova</i> FEATURES OF INFORMATION AND ANALYTICAL WORK IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY	131
<i>S.M. Chebotarev, F.G. Khisamov, V.A. Minaev</i> MATHEMATICAL MODEL OF CAPACITY OF THE CORPORATE NETWORK OF THE MAIN DEPARTMENT OF INTERNAL AFFAIRS OF SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION	134

ABSTRACTS	137
------------------	-----

05.13.06

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ²А.Г. Замалиев, И.Н. Набиуллин,
³М.А. Мухамедзянов канд. техн. наук, ³Р.Н. Хамидуллин канд. техн. наук

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
¹факультет наноматериалов и нанотехнологий,
 кафедра физики,
²факультет энергомашиностроения и технологического оборудования,
 кафедра машиноведения,
³механический факультет,
 кафедра процессов и аппаратов химической технологии,
 Казань, yerus@yandex.ru

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ С МАГНИТНЫМИ СВЯЗЯМИ ЗВЕНЬЕВ

Рассмотрен дифференциальный механизм с магнитными связями звеньев. Даны расчетные формулы для определения угловых скоростей звеньев механизмов. Показаны возможности использования механизма в различных сферах деятельности людей.

Ключевые слова: *Зубчатое колесо, дифференциальный механизм, магнитные связи, редуктор.*

Редукторы, с непосредственным контактированием друг с другом зубчатых колес, получили широкое использование в различных сферах деятельности людей. Недостатками таких редукторов являются высокие затраты из-за трения друг о друга зубьев колес и низкую долговечность из-за интенсивного износа рабочих поверхностей зубьев.

Известны и такие механизмы [1-3], в которых отсутствует контакт друг с другом передающих движение звеньев, а их взаимодействие происходит посредством магнитной связи.

На рис. 1 схематично показан дифференциальный механизм с магнитными связями звеньев.

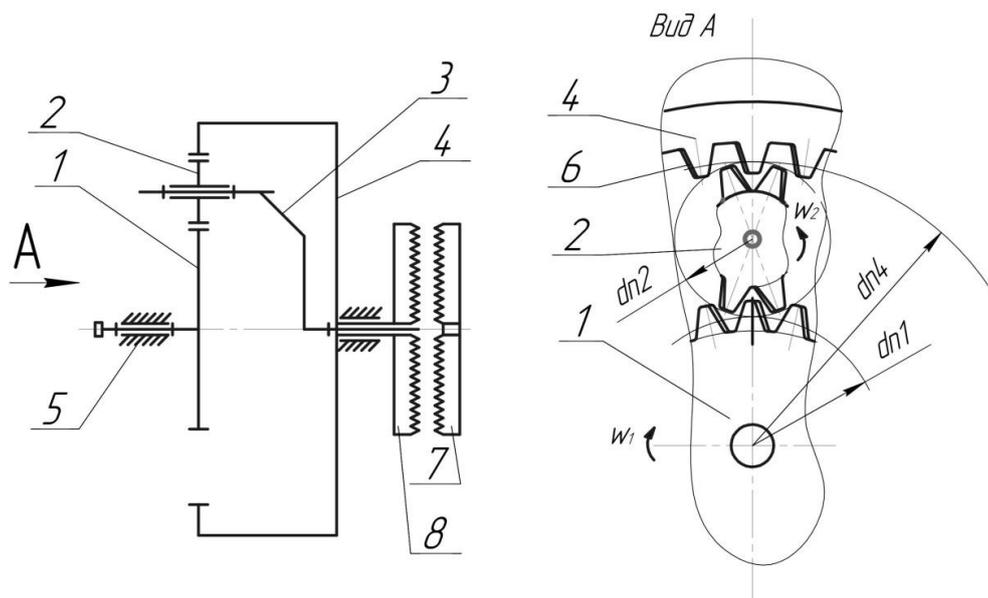


Рис.1 - Зубчатый дифференциальный механизм.

1 - Малое центральное колесо, 2 - сателлит, 3 - водило, 4 - большое центральное колесо,
 5 - стойка, 6 - магнитные пластинки, 7, 8 – рабочее колесо.

Зубчатые колеса и сателлит выполнены из немагнитного материала, а магнитные пластинки установлены неподвижно на рабочих поверхностях колес и сателлита и обращены одноименными полюсами наружу.

Межосевое расстояние, обеспечивающее магнитную связь между колесами и сателлитами, определяется неравенствами:

$$A_{1-2} > \frac{d_{H1}+d_{H2}}{2} \tag{1}$$

$$A_{2-4} > \frac{d_{H2}+d_{H4}}{2} \tag{2}$$

где: A_{1-2} – межосевое расстояние между малым центральным колесом и сателлитом;

A_{1-2} – межосевое расстояние между сателлитом и большим центральным колесом и сателлитом;

d_{H1}, d_{H2}, d_{H4} – начальные окружности колес и сателлита

При соблюдении неравенств (1) и (2) исключается контакт колес и сателлита друг с другом и кинематическая цепь механизма будет незамкнутой.

Степень подвижности механизма равна:

$$W=3n-2p_5-p_4= 3 \cdot 4-2 \cdot 4-2=2 \tag{3}$$

где: n - число подвижных звеньев (малое центральное колесо, сателлит, водило, большое центральное колесо)

p_5 – число кинематических пар пятого класса (вращательные: малое центральное колесо – стойка; сателлит – водило; водило-большое центральное колесо; большое центральное колесо – стойка);

p_4 – число магнитных связей (малое центральное колесо – сателлит; сателлит – большое центральное колесо).

Степень подвижности $W=2$ указывает на обладание механизмом двумя степенями свободы.

При вращении центральных зубчатых колес от непоказанного на рисунке привода сателлит совершает сложное движение, вращаясь вокруг своей оси и совершая движение по круговой орбите, заставляя вращаться вокруг общей оси вращения центральных колес и водилу.

Движение сателлита в отсутствие его контакта с центральными колесами происходит благодаря отталкиванию близко расположенных зубьев центральных колес к зубьям сателлита, магнитные пластинки на которых обращены друг к другу одноименными полюсами.

Частные передаточные отношения для показанной на рис. 1 схемы можно рассчитать, если известно количество зубьев Z_1, Z_2, Z_4 и угловые скорости звеньев ω_1 и ω_2 .

Согласно формуле (3, 1) [4] ω_3 равно:

$$(4) \quad (1)$$

$$\omega_3 = \omega_1 \cdot U_{3/1} + \omega_4 \cdot U_{3/4}, \tag{4}$$

где верхние индексы (4) и (1) указывают номер неподвижного звена.

Частные передаточные отношения равны:

$$U_{3/1} = \frac{1}{U_{1/3}} = \frac{1}{1 + \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 z_2}} = \frac{z_1 \cdot z_2}{z_1 z_2 + z_2 z_4} = \frac{z_1}{z_1 + z_4} \text{ при } \omega_4=0 \tag{5}$$

$$U_{3/4} = \frac{1}{U_{4/3}} = \frac{1}{1 + \frac{z_2 \cdot z_1}{z_1 z_4}} = \frac{z_1 \cdot z_4}{z_2 z_4 + z_1 z_2} = \frac{z_4}{z_1 + z_4} \tag{6}$$

После подстановки правых частей уравнений (5) и (6) в (4) угловая скорость ω_3 будет равна:

$$\omega_3 = \frac{\omega_1 \cdot z_1 + \omega_4 \cdot z_4}{z_1 + z_4} \tag{7}$$

Любой элементарный дифференциал с $\omega = 2$ позволяет реализовать шесть различных передаточных отношений от одного вала к другому при остановленном третьем, а именно $U_{1/3} (4); U_{3/1} (4); U_{1/4} (3); U_{4/1} (3); U_{3/4} (1); U_{4/3} (1)$. Но они все взаимосвязаны выражениями:

$$U_{1/3} (4) + U_{1/4} (3) = 1 \tag{8}$$

$$U_{3/4} (1) + U_{3/1} (4) = 1 \tag{9}$$

$$U_{4/1} (3) + U_{4/3} (1) = 1 \tag{10}$$

Кроме того, среди значений (8), (9) и (10) есть одно наибольшее и положительное, которым удобно пользоваться для характеристики дифференциала с $\omega=2$ в целом.

В [3] показано, что в механизмах с магнитными связями звеньев магнитное поле, создаваемое магнитными пластинками, принимает участие в передаче движения от ведущего звена к рабочему органу. Роль привода сводится к поддержанию требуемого движения рабочего органа.

Наличие в механизме двух рабочих органов расширяет область его использования и делает его пригодным для выполнения различных механических и технологических процессов, таких как проветривание помещений различного назначения, дробления кускового и тонкого помола мелкозернистого материала, соскребания отложений с рабочих поверхностей химических и теплообменных аппаратов, перемешивания в крупных объемах различных сред, приготовления растворов, эмульсий и суспензий, нагнетания жидкостей в резервуары, раскалывания льдов, перемещения объектов по земле, по воде, над водой и под водой, а также для использования в бытовой технике.

Ниже дана таблица пригодности дифференциального механизма с магнитными связями звеньев.

Таблица. Область применения устройства

№	Рабочие органы (поз. 7 и 8 на рис.1)	Область использования
1	Крыльчатки	Проветривание помещений
2	Щетки	Чистка резервуаров от загрязнений
3	Мешалки	Перемешивание различных сред. Приготовление растворов, эмульсий и суспензий
4	Скребки	Соскребание отложений с рабочих поверхностей химических и теплообменных аппаратов
5	Лопатки	Дробление и тонкий помол крупнокускового и мелкозернистого материала
6	Винты	Нагнетание жидкостей в резервуары. Перемещение объектов по воде, над водой и под водой.
7	Автомобильные колеса	Для движения наземного транспорта различного назначения.

Особо следует отметить пригодность использования дифференциальных механизмов с магнитными связями звеньев при работе с агрессивными средами и в широком диапазоне изменения температур и давлений, включая давлений ниже атмосферного.

Выводы:

1. Механизмы с магнитными связями звеньев способны передавать движение от ведущего звена к рабочему органу.

2. Расход энергии при передаче движения ведущим звеном рабочему органу в механизмах с магнитной связью звеньев небольшой благодаря отсутствию контакта взаимодействующих друг с другом звеньев и участию магнитной связи звеньев в передаче движения ведущим звеном рабочему органу, что приводит к повышению КПД механизма и машин.

3. Срок службы механизма с магнитными связями звеньев большой благодаря отсутствию износа рабочих поверхностей взаимодействующих друг с другом звеньев механизма.

Список литературы

1. *Крайнев А.Ф.* Словарь - справочник по механизмам. Машиностроение. М. 1987, 560 с.
2. Механизм вращения зубчатых колёс с магнитной связью. Патент РФ № 2681417. Набиуллин И.Н., Замалиев А.Г., Мухамедзянов М.А. и др., патентообладатели Набиуллин И.Н., Замалиев А.Г., Мухамедзянов М.А. и др., Оpubл. 06.03.2017 Бюл. № 7.
3. *Минкин В.С., Замалиев А.Г., Мухаметзянов М.А., Галимуллин Р.Г., Набиуллин И.Н.* Механизмы движения звеньев с магнитной связью. Научно-технический вестник Поволжья, № 4, 2018, с 9-11.
4. *Фролов К.В. и др.* Теория механизмов и машин. Учебник для ВТУЗов, М., Высшая школа, 1987. – 496 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (05.13.01)

05.13.01

¹Г.Н. Аглямзянова канд. физ.-мат. наук, ²Л.З. Гумерова канд. педагог. наук

¹Набережночелнинский государственный педагогический университет,
факультет математики и информатики,
кафедра информатики и вычислительной математики,
²Набережночелнинский институт (филиал) КФУ,
кафедра системного анализа и информатики,
Набережные Челны, dina.airat@mail.ru, gum9370@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM-СИСТЕМ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Использование современных информационных технологий в организации образовательного процесса, в частности, проектной деятельности обучающихся. Построение эффективной совместной деятельности участников проекта на основе использования CRM-системы Битрикс24.

Ключевые слова: *проектная деятельность обучающихся, CRM-система, Битрикс24, информационные технологии.*

Проектная деятельность относится к разряду инновационной, т.к. как учит самостоятельному, критическому мышлению; рассуждениям, опирающимся на знание фактов, закономерностей науки; умению делать обоснованные выводы; принятию самостоятельных аргументированных решений; умению работать в команде, выполняя разные социальные роли. Необходимость овладения основами проектирования обусловлена тем, что данная технология имеет широкую область применения на всех уровнях организации системы образования. На всех этапах осуществления метода проектов одной из составляющей является командная, совместная деятельность участников проекта. Возникает проблема эффективной совместной их работы по обмену и обсуждению информации. В данной статье рассматривается один из подходов в решении этого вопроса, а именно использование CRM-систем в организации проектной деятельности обучающихся.

В литературе встречаются различные формулировки определения «CRM-системы». Если обратиться к свободной энциклопедии, можно получить следующее определение: CRM-система (Customer Relationship Management или Управление отношениями с клиентами) — это прикладное программное обеспечение для организаций, предназначенное для автоматизации стратегий взаимодействия с заказчиками (клиентами), в частности, для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов путем сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процессов и последующего анализа результатов [3]. Необходимо понимать, что не существует общих стандартов и единого понимания того, что подразумевать под термином «CRM-система». Сюда относится и удобная для бизнеса организация управления взаимоотношениями с клиентами. Это и автоматизированная информационная система, обеспечивающая эффективное взаимодействие всех подразделений компании с участниками и потребителями на уровне, определяемом CRM-идеологией. Она отвечает на запросы потребителей услуг или товаров и оптимизирует с экономической точки зрения деятельность фирмы.

Но так как функционал CRM-систем практически безграничен мы можем использовать ее для упрощения любых процессов в любых компаниях, не ограничиваясь при этом исключительно товарно-денежными отношениями. Например, что наиболее интересно в нашем контексте, мы можем использовать CRM для организации проектной деятельности.

На рынке информационных услуг и продуктов сегодня представлено огромное количество CRM-систем. С одной стороны это вызывает затруднения с выбором нужной системы, а с другой стороны предоставляет пользователю возможность найти именно ту систему, отвечающую всем требованиям. Именно таковой является CRM-система Битрикс24. Это надежная, функциональная система, предназначенная для организации работы участников (рис.1). Многофункциональный инструмент Битрикс24 включает функции постановки задач, построения плана, эффективной работы с документацией, вывод отчетов, а главное - оптимизация отношений между участниками проекта.

Битрикс24 относится к классу ПО Social Business Software (SBS) и является первым российским облачным сервисом. Эта CRM-система является признанной и за рубежом. Она включена с 2010 года в отчеты западной некоммерческой организации АПМ, которая является куратором в области электронного документооборота и управления контентом. В России этот класс ПО пока не является широко распространенным, но компании проявляют все больше интереса к подобным решениям.

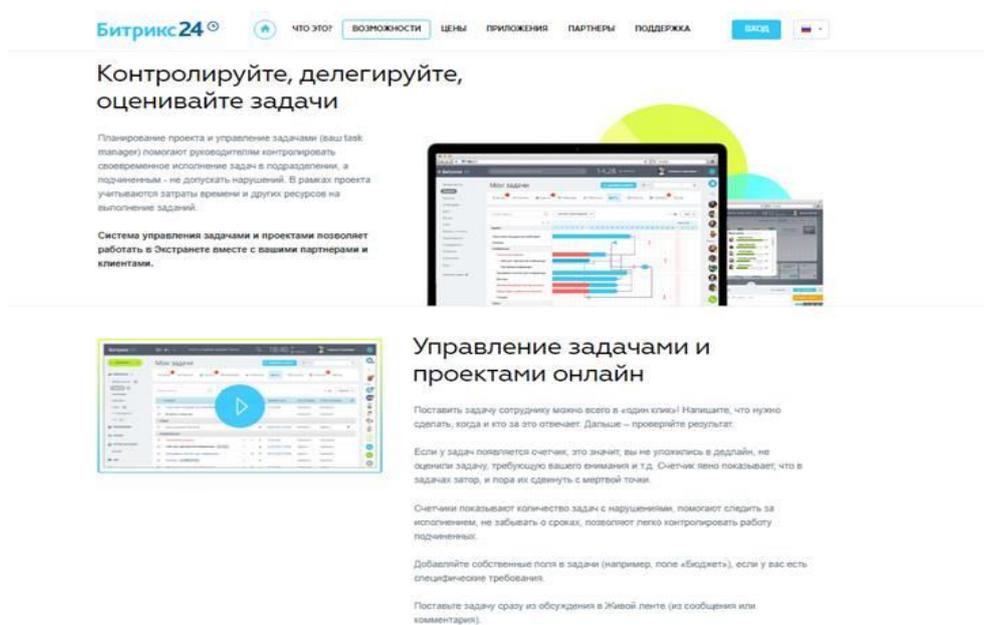


Рис. 1 - Битрикс24

Битрикс24 можно сравнить с внутренней рабочей социальной сетью участников проекта [5]. Важным моментом является быстрое взаимодействие между разными подгруппами, автоматизированность всего процесса, а также возможность выполнения контроля и анализа. В Битрикс24 присутствуют привычные и удобные инструменты из социальных сетей: «лайки», обсуждения, «живая» лента, «социальный» поиск, мгновенные сообщения, рабочие группы.

Можно также сравнить Битрикс24 с многофункциональным инструментарием, т.к. система осуществляет доступ к базам знаний, управлению задачами, календарям, работе с документами, рабочим отчетам. Немаловажным в системе является вопрос об информационной безопасности. В Битрикс24 реализовано 10 уровней защиты.

В Битрикс24 сохраняется иерархия членов проектной группы. Разграничены роли участников команды, например, постановщик может сформулировать задачу, наблюдатель может просматривать ход ее выполнения и комментировать, исполнители могут обсуждать и дополнять. Поставленная задача отображается в живой ленте, согласно настроенным правам доступа.

Сервис поддерживает графическую иллюстрацию графика работы над задачами. Она отображается с помощью диаграммы Ганта. Эта классическая ленточная диаграмма наглядно отображает время работы над каждой задачей проекта. После выполнения очередной задачи руководитель проекта может ее оценить. Независимо от того, какую отметку положительную или отрицательную он поставил, формируется отчет, по которому можно сделать вывод об эффективности работы и каждого участника проекта и всей группы в целом.

В «Битрикс24» есть возможность формировать учебные классы, приглашая туда обучающихся для работы над отдельными проектами. У каждого класса будут доступны все требуемые функции: публикация статусов, документов, постановка задач, комментарии и обсуждения, формирование отчетов.

Кроме всего этого, есть понятная наглядная система рейтингов, которая подстегивает обучающихся быть лучше всех; статистика выполненных и невыполненных задач.

Функций и возможностей огромное количество! В контексте организации проектной деятельности нас интересуют следующие: создание (выделение) учебной группы, постановка задач, контроль и оценка выполнения задач, рейтинги, планирование выполнения задач, работа с задачами.

Несложно создать группу или проект – нужно лишь нажать на одноименную кнопку в правой части раздела Группы, далее выбрать, что вы хотите создать.

В слайдере создания/редактирования группы (проекта) вы можете изменить: название группы (проекта), краткое описание, изображение, владельца (руководителя проекта) и модераторов группы (помощника руководителя проекта).

Основное отличие проекта от группы – это связь сроков проекта и сроков задач. Сроки задачи проекта нельзя ставить и изменять вне сроков проекта.

При изменении группы на проект, владелец группы становится руководителем проекта, а модераторы – помощниками руководителя проекта. Сами же права доступа не меняются.

Несмотря на то, что CRM-системы чаще используются корпоративными коммерческими структурами, их можно использовать и в организации учебного процесса. Как видим, это очень актуально в вопросе организации проектной деятельности обучающихся.

Список литературы

1. *Васильев В.А.* Проектно-исследовательская технология: развитие мотивации. – Народное образование. – М., 2000, № 9, с.177-180.
2. Официальный сайт «Битрикс 24» [Электронный ресурс] / Веб-сайт. Режим доступа: URL: <https://www.bitrix24.ru/>
3. Официальный сайт «Википедия»: PEST – анализ [Электронный ресурс] / Веб-сайт. Режим доступа: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/PEST>
4. *Сауренко, Н.Е.* Проектный подход: интеграция теории и практики // Профессиональное образование. – 2014. - № 1. – С. 44-47
5. Официальный сайт «Бизнес идея. Каталог лучших идей бизнеса» [Электронный ресурс] / Веб-сайт. Режим доступа: URL: <https://bisnesideya.ru/>

05.13.01

А.П. Буйносов д-р техн. наук, Е.С. Юдт, А.Т. Шаратов

Уральский государственный университет путей сообщения,
Кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, buinosov@mail.ru, evgenij_jdt@mail.ru, sharapov.aliexsandr97@mail.ru

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ТЯГОВЫХ ПЕРЕДАЧ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Приводятся результаты статистического анализа причин отказа тяговой передачи грузовых электровозов. Приведенная полученная информация в различных локомотивных депо на плановых и неплановых ремонтах позволила выделить наиболее значимые причины отказов зубчатой передачи, приводящие к выходу из строя тягового привода.

Ключевые слова: *электровоз, тяга, передача, отказ, зубчатая передача, причина, анализ.*

Тяговые передачи электровозов занимают лидирующие позиции по числу отказов наравне с тяговыми двигателями и электроаппаратами. Приведенные таблицы и диаграммы показывают, какую долю от общего количества отказов, обнаруженных на ремонтах электровозов, составляют тяговые передачи [1, 2]. Данные были собраны на плановых (ПР) и неплановых ремонтах (НР) в сервисных локомотивных депо Свердловск, Московка и Зауралье в период с 01.01.2015 по 03.03.2020 гг. Полученная статистическая информация характеризуют количество отказов узлов электровоза по категориям. Информация для удобства оценки представлена в процентном отношении к общему количеству неисправностей (отказам) за каждый год. Данные от отказах, выявленных на неплановых ремонтах приведены в табл. 1, а по отказам, выявленных на всех видах плановых ремонтах – в табл. 2.

Таблица 1

Данные об отказах, выявленных на НР по годам

Узел	Доля отказов, %		
	2017	2018	2019
Тяговые электродвигатели	7,9	9,7	12,3
Вспомогательные машины	7,9	6,4	6,4
Электрические аппараты	38,7	37,3	32,0
Тяговый привод	22,9	26,5	20,7
Приборы безопасности	3,7	1,4	0,0
Механическая часть	13,3	12,3	18,2
Другие	5,6	6,4	10,3

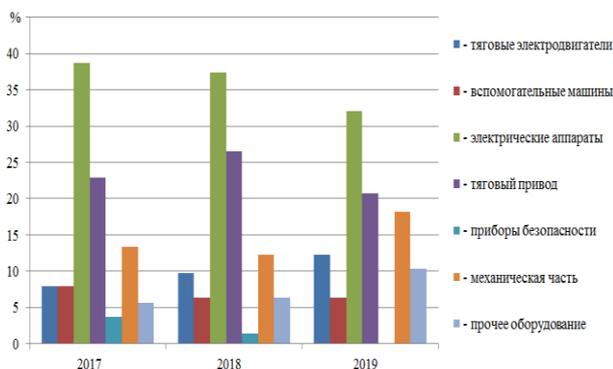


Рис. 1. Анализ отказов, выявленных при проведении НР электровозов

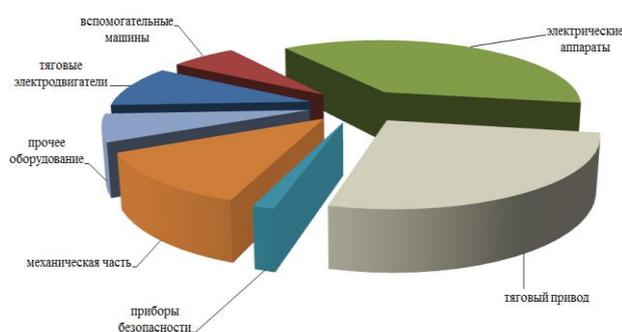


Рис. 2. Распределение отказов электровозов на НР в 2018 г.

Таблица 2

Данные об отказах, выявленных на ПР по годам

Узел	Доля отказов, %		
	2017	2018	2019
Тяговые двигатели	6,5	18	6,8
Вспомогательные машины	19,5	48	18,3
Тяговый привод	35,8	58	22,1
Колесные пары	38,2	139	52,9

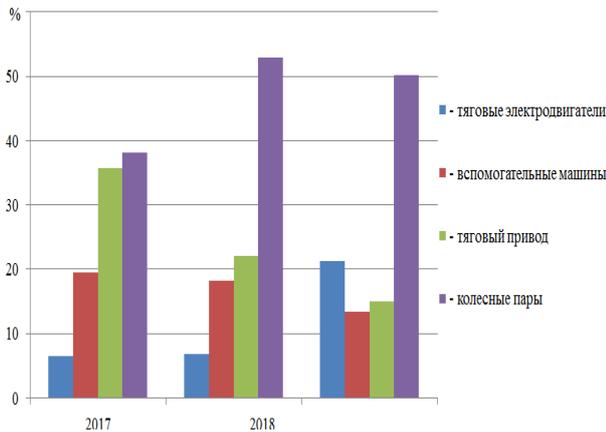


Рис. 3. Анализ отказов на ПР электровозов

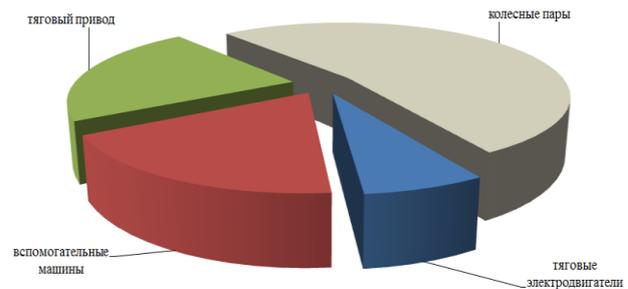


Рис. 4. Распределение отказов электровозов на ПР в 2019 г.

Приведена информация по ремонтам тяговых передач в зависимости от вида отказа для локомотивов [3, 4], приписанных эксплуатационных локомотивным депо Свердловск-Сортировочный, Курган и Омск (табл. 3), а также электровозов ВЛ11 по данным сервисного локомотивного Свердловск (табл. 4).

Таблица 3

НР тягового привода электровозов серии по годам

Вид отказа	Доля отказов, %				
	2015	2016	2017	2018	2019
Повреждение опорного подшипника	12,73	9,47	9,52	8,33	8,33
Повреждение подшипника малой шестерни	3,64	1,05	9,52	8,33	0,00
Шум в редукторе	0,91	8,42	0,00	8,33	33,33
Повреждение большого зубчатого колеса	0,00	0,00	2,38	8,33	0,00
Повреждение малой шестерни	1,82	0,00	0,00	16,67	8,33
Металл в редукторе	10,91	4,21	4,76	0,00	0,00
Излом шлицов и поводка малой шестерни	64,55	65,26	61,90	33,33	8,33
Повреждение соединения «вал–поводок»	0,00	3,16	2,38	0,00	0,00
Повреждение корпуса редуктора	2,73	1,05	2,38	8,33	0,00
Повреждение лабиринта редуктора	0,00	1,05	2,38	8,33	8,33
Ослабление болтов опоры	0,91	4,21	2,38	0,00	8,33
Другие	1,82	2,11	2,38	0,00	25,00

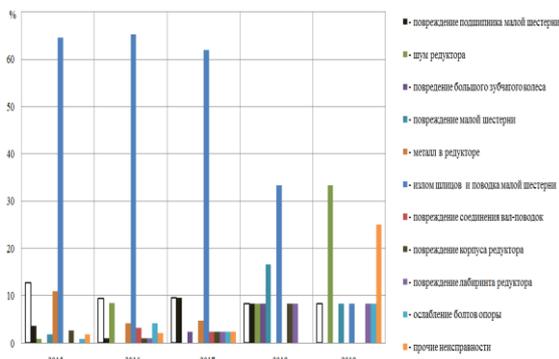


Рис. 5. Отказы тягового привода электровозов на НР

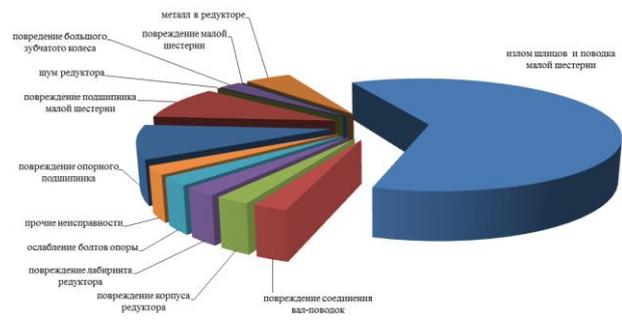


Рис. 6. Распределение отказов тягового привода электровозов на НР в 2019 г.

Таблица 4

Анализ отказов тягового привода на ПР по годам

Вид неисправности	Доля отказов, %			
	2016	2017	2018	2019
Повреждение опорного подшипника	28,41	36,21	27,59	28,57
Повреждение подшипника малой шестерни	7,95	15,52	17,24	9,52
Шум в редукторе	9,09	6,90	3,45	4,76
Повреждение большого зубчатого колеса	0,00	0,00	6,90	14,29
Повреждение малой шестерни	10,23	0,00	0,00	14,29
Металл в редукторе	0,00	5,17	10,34	0,00
Излом шлицов и поводка малой шестерни	35,23	12,07	13,79	14,29
Повреждение соединения «вал–поводок»	1,14	0,00	3,45	0,00
Повреждение корпуса редуктора	0,00	3,45	3,45	0,00
Повреждение лабиринта редуктора	0,00	10,34	6,90	0,00
Ослабление болтов опоры	1,14	6,90	3,45	14,29
Другие	6,82	3,45	3,45	0,00

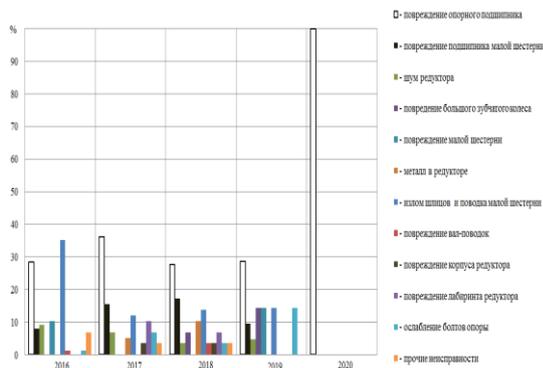


Рис. 7. Анализ отказов тягового привода на ПР

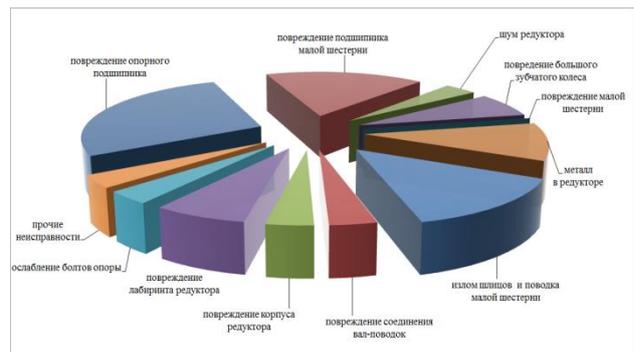


Рис. 8. Распределение отказов тягового привода на ПР в 2019 г.

Таблица 5

Анализ причин выкаток колесно-моторных блоков, связанных с тяговым приводом

Вид неисправности	Доля отказов, %	
	2018	2019
Заклинивание колесной пары	6,12	4
Ножевой износ малой шестерни	24,50	32
Срыв малой шестерни	10,20	8
Сползание малой шестерни	59,18	56



Рис. 9. Причины выкатки колесно-моторных блоков, связанные с неисправностью тягового привода

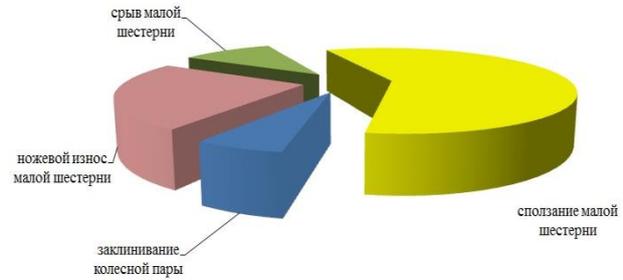


Рис. 10. Распределение неисправностей тягового привода электровозов ВЛ11 в 2019 г.

Приведенные статистические данные позволили выделить наиболее значимые причины отказов зубчатой передачи [5], приводящие к выходу из строя тягового привода. К таким причинам относятся: низкая надежность опорного подшипника и подшипника шестерни; изменение контура зубьев шестерни и зубчатого колеса (износ по толщине); выщерблины на цилиндрической поверхности зубьев; частичные отколы головки зубьев; смещение, «свес» шестерни на валу тягового двигателя; «разрыв» шестерни, идущий от посадочной поверхности.

Список литературы

1. Вельгодская Т.В. Повышение работоспособности тягового редуктора тепловоза : автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Омск, 2007. 19 с.
2. Бирюков И.В., Беляев А.И., Рыбников Е.К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. М.: Транспорт, 1986. 256 с.
3. Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 3. С. 85-89.
4. Буйносов А.П., Шаранов А.Т. Совершенствование геометрического расчета зубчатой передачи грузового электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 2. С. 40-43.
5. Юдт Е.С., Буйносов А.П. Способ повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 2. С. 27-30.

05.13.01

Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Д.К. Шакуров, Т.А. Тухватуллин

Набережночелнинский институт (филиал)
 ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
 автомобильное отделение,
 кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
 Набережные Челны, radikrabota@mail.ru

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ СТОЯНКИ

В статье рассматриваются требования к специализированным стоянкам. Анализируется существующая специализированная стоянка г. Набережные Челны. На основании анализа предложен расчет списочного количества специального грузового транспорта с погрузочно-разгрузочным устройством для транспортирования автомобилей.

Ключевые слова: *эвакуатор, специализированная стоянка, площадь стоянки, число автомобиле - мест, списочное количество.*

Специализированная стоянка предназначена для хранения транспортных средств (ТС) за нарушения Правил дорожного движения.

На данную стоянку размещаются ТС по следующим причинам:

- за управление ТС в нетрезвом состоянии;
- из-за технической неисправности ТС;
- за управление ТС без документов;
- за управление без водительского удостоверения;
- за совершение преступлений и признание ТС вещественным доказательством;
- за дорожно-транспортные происшествия, когда необходимо проведение технической экспертизы;
- за нарушения правил перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов;
- за остановку и стоянку в неполюженном месте.

К стоянке предъявляются следующие требования [1...4]:

- площадка территории по периметру должна быть огорожена;
- наличие специального грузового транспорта с погрузочно-разгрузочным устройством для транспортирования автомобилей (эвакуатора);
- наличие оборудования противопожарной системы;
- наличие видеонаблюдения с сроком записи не менее 45 дней по всему периметру стоянки;
- твердое покрытие на территории, обозначенное специальными разметками для движения ТС и автомобиле-мест;
- наличие контрольно-кассового оборудования для финансовых операций.

Как видно из нормативных документов, один из пунктов требований к специализированной стоянке – это наличие своих эвакуаторов. Расчет их списочного количества является актуальной задачей.

Для анализа используются исходные данные специализированной стоянки (рисунок 1) г. Набережные Челны. В таблице 1 представлены площадь и автомобиле-места специализированной стоянки.

Таблица 1 – Специализированная стоянка в г. Набережные Челны

Муниципальное образование	Место расположения стоянки	Площадь стоянки, га	Число автомобиле -мест, ед.
Набережные Челны	ул. Машиностроительная, 22	0,699	330

Внедренная в эксплуатацию автоматизированная система «Учет автотранспортных средств, хранящихся на специализированных стоянках» ведет расчет стоимости эвакуации и хранения ТС в автоматическом режиме [5]. Работники специализированной стоянки осуществляют прием, хранение и ведут учет поступивших ТС.

Поступившие в 2018/19 годах на специализированную стоянку по различным причинам задержания ТС представлены в таблице 2.



Рис. 1 - Специализированная стоянка

Из всех поступивших ТС на специализированную стоянку примерно 86% в 2018 году и 94% в 2019 году доставлялись эвакуатором.

По результатам проведенного анализа предлагается рассчитать списочное количество специального грузового транспорта с погрузочно-разгрузочным устройством для транспортирования автомобилей по следующей формуле:

$$A_{э} = \frac{A_{и} \cdot t_e \cdot k}{D_{раб.г} \cdot T_m} \tag{1}$$

где $A_{и}$ - ТС поступившие на специализированную стоянку; t_e - время ездки эвакуатора; k - коэффициент, учитывающий отношение перевезенных эвакуатором к общему числу поступивших ТС на специализированную стоянку; $D_{раб.г}$ - число дней работы в году; T_m - время работы эвакуатора на маршруте.

Таблица 2 – Количество ТС, поступивших на специализированную стоянку за правонарушения по г. Набережные Челны

Причина задержания	Количество ТС, ед.	
	ул. Машиностроительная, 22	
	2018 год	2019 год
За управление ТС в нетрезвом состоянии	949	1 224
Из-за технической неисправности ТС	48	61
За управление ТС без документов	23	29
За управление без водительского удостоверения	334	430
За совершение преступлений и признание ТС вещественным доказательством	54	82
За дорожно-транспортные происшествия	42	49
За нарушения перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов	0	0
За стоянку в неположенном месте	1429	2 300
Итого	2879	4 175

Время поездки эвакуатора определяется по следующей формуле:

$$t_e = t_{дв} + t_{од} + t_{п} + t_{р} \quad (2)$$

где $t_{дв}$ - время движения; $t_{од}$ - время простоя на оформление документов (протокол задержания ТС); $t_{п}$ - время погрузки автомобиля; $t_{р}$ - время разгрузки автомобиля.

Данная формула (1) применима для существующей специализированной стоянки, так как известны площадь и количество автомобиле-мест. При расчете также необходимо учитывать следующие факторы:

- наполняемость стоянки;
- количество рейдов в ближайшие районы и малые города, в связи с отсутствием у них базы;
- количество поступивших автомобилей за совершение преступлений и признанных вещественным доказательством, так как срок хранения этих ТС зависит от судебных решений.

Исходя из площади специализированной стоянки, габаритных размеров, расстояний между автомобилями, а также между автомобилями и элементами зданий рассчитывается автомобиле-место [6].

После анализа и обработки информации по результатам расчета списочное количество специального грузового транспорта с погрузочно-разгрузочными устройствами для транспортирования автомобилей равно 2,6 единиц. С учетом простоя эвакуаторов на техническом обслуживании и ремонте принимаем необходимое количество - 3 единицы. Анализ марок ТС, поступивших на специализированную стоянку, показывает, что желательно иметь в собственности эвакуаторы КАМАЗ-4308 с краноманипуляторной установкой «Палфингер».

Приведенная формула по определению списочного количества специального грузового транспорта с погрузочно-разгрузочным устройством для транспортирования автомобилей позволяет, по мнению авторов, использовать их на линии максимально рационально. Учитывая особенность перевозимого груза, предложена марка автомобиля с дополнительным оборудованием для безопасной эвакуации ТС на специализированную стоянку.

Список литературы

1. Федеральный закон № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/ (дата обращения 21.02.2020).
2. Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/ (дата обращения 21.02.2020).
3. Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/ (дата обращения 21.02.2020).
4. Кодекс об административных правонарушениях РФ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения 21.02.2020).
5. *Хасанов Р.Р.* Автоматизированные системы учета задержанных транспортных средств на специализированных стоянках республики Татарстан / Р.Р. Хасанов, А.С. Новиков // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы. Сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Научный центр безопасности жизнедеятельности (Казань), 2016. - С. 561-565.
6. *Напольский Г.М.* Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

05.13.01

П.Н. Гаряев канд. техн. наук

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaevpn@mgsu.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Статья посвящена применению инструментальных подходов для оперативной оценки городских территорий, на основе использования современного программного обеспечения и данных открытых источников, позволяющих обеспечить устойчивое развитие современных городов, улучшить эффективность городского управления, повысить качество жизни населения во всех сферах, в том числе экономической, социальной и экологической.

Ключевые слова: *Городская территория, управление, моделирование, экономика, развитие, контроль.*

Последние несколько десятилетий в динамике развития городов наблюдаются изменения, ставящие под сомнение классическую парадигму концепции развития городов. В настоящее время модернизация промышленности, развитие современных технологий и информатизация всех сфер деятельности человека приводят к неумолимому процессу социальных изменений и растущей урбанизации, которая подразумевает концентрацию населения в городах.

Управление современным городом и моделирование его развития является многогранной проблемой. Города являются сложными открытыми социально-экономическими системами, в которых происходят динамические и нелинейные самоорганизационные процессы. Территориальный градостроительный анализ выполняется для оценки бизнес-потенциала, выявления ключевых проблем на территории города и разработки предложений по направлениям стратегического развития.

Развитие городов приводит к необходимости формирования новых современных подходов оценки их текущего состояния для планирования и прогнозирования их дальнейшего развития. Литература и статистические данные, опубликованные в последние десятилетия по этой тематике зачастую очень противоречивы. Кроме того, достаточно проблематично оперативно собрать и обработать данные о конкретной интересующей городской территории. Поэтому в настоящее время возникает острая необходимость в современных информационных инструментах, позволяющих эффективно решить эту задачу и помочь быстро собрать информацию, а также проанализировать процессы, происходящие при развитии городских территорий, для принятия правильных решений и прогнозирования их развития на перспективу.

Важными параметрами при оценке городских территорий являются такие, как, объем, возраст, структура и динамика строительства жилищного фонда. Кроме того, определение функциональных зон города и на их основе, формирование благоприятной городской среды для повышения уровня и качества жизни населения осуществляется на основе определения потребности в предоставлении различных услуг городскому населению, таких как учреждения культуры, спорта, здравоохранения, образования и искусства, торговли, социальной защиты, питания и др., возможно на основе тепловой карты плотности населения города.

Рассмотрим инструментальные подходы для оперативной оценки городских территорий, на основе использования современного программного обеспечения и данных открытых источников, доступ к которым может получить любой желающий, имеющий доступ в интернет.

В качестве примера приведем оценку городской территории города Пушкино Московской области (рисунок 1). Город Пушкино с населением в 107 тыс. человек расположен в 30 км от центра Москвы. Через территорию города проходит железнодорожная магистраль и протекают реки Серебрянка и Уча, по берегам рек и вдоль железной дороги расположены густонаселённые микрорайоны: Серебрянка, Держинец, Новая Деревня, Мамонтовка, им. И. Арманд, Клязьма, Звягино, Кудринка, Кавезино и Заветы Ильича.



Рис.1 - Карта 3D анализируемой городской территории г.Пушкино. (сайт www.f4map.com)

На первом этапе необходимо сформировать данные о жилищном фонде городской территории в виде таблицы. Для этого воспользуемся сайтом «Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства» www.reformagkh.ru. После выбрали интересующего нас города из предлагаемого перечня городов России, отображается список всех жилых зданий города, с информацией о их адресе, этажности, годе постройки и жилой площади. Последующее копирование информации с сайта в Microsoft Excel позволило сформировать таблицу с данными о 639 жилых домах г. Пушкино. На втором этапе после обработки результатов о годах возведения зданий и площади жилого фонда был получен график, представленный на рисунке 2.

Как видно из графика, около половины жилого фонда имеет возраст более 40 лет, а 35% более 50 лет.

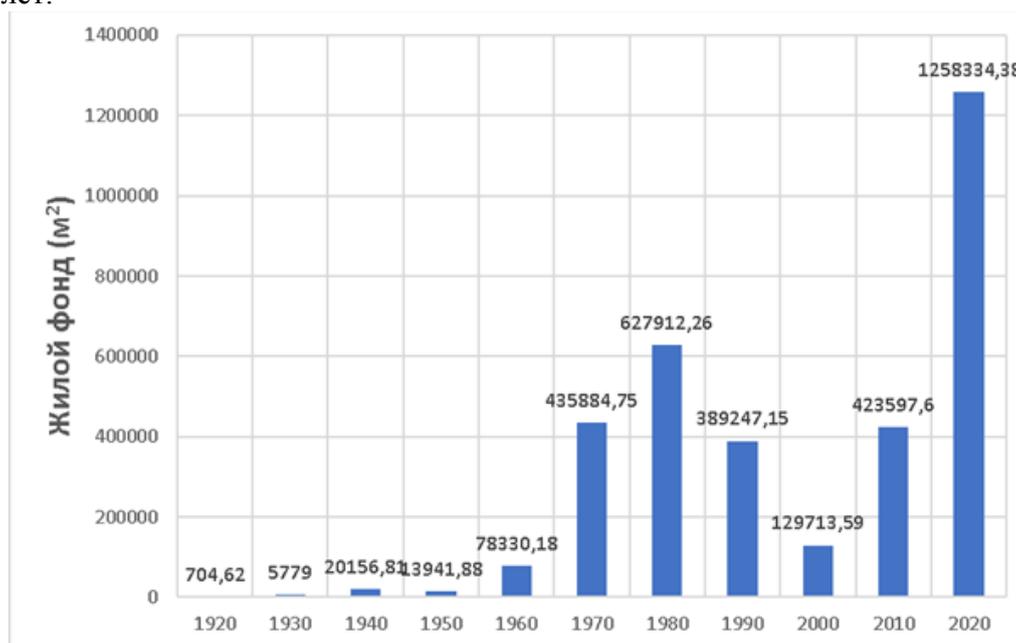


Рис.2 - Динамика прироста жилого фонда городской территории г. Пушкино по десятилетиям.

На третьем этапе, для построения тепловой карты города воспользуемся 3D Maps надстройкой для Microsoft Excel, позволяющей визуализировать аналитическое представление данных на геопространственных картах. В качестве исходных данных выбраны уникальный адрес дома и площадь его жилого фонда (рисунок 3). Как видно из карты, плотность городского населения не равномерно распределена по рассматриваемой территории и позволяет выделить множество центров городской активности.

Важной задачей является оценка динамики прироста городского населения и развития городской территории, а также прогнозирование дальнейшего ее развития с целью формирования социально-экономических планов развития. На рисунке 4 представлены результаты четвертого этапа - анализ динамики роста общего жилого фонда г. Пушкино по годам. Из рисунка видно, что за последние 50 лет площадь жилого фонда и соответственно сам город вырос более чем в пять раз, что еще раз подтверждает востребованность взвешенной градостроительной политики.

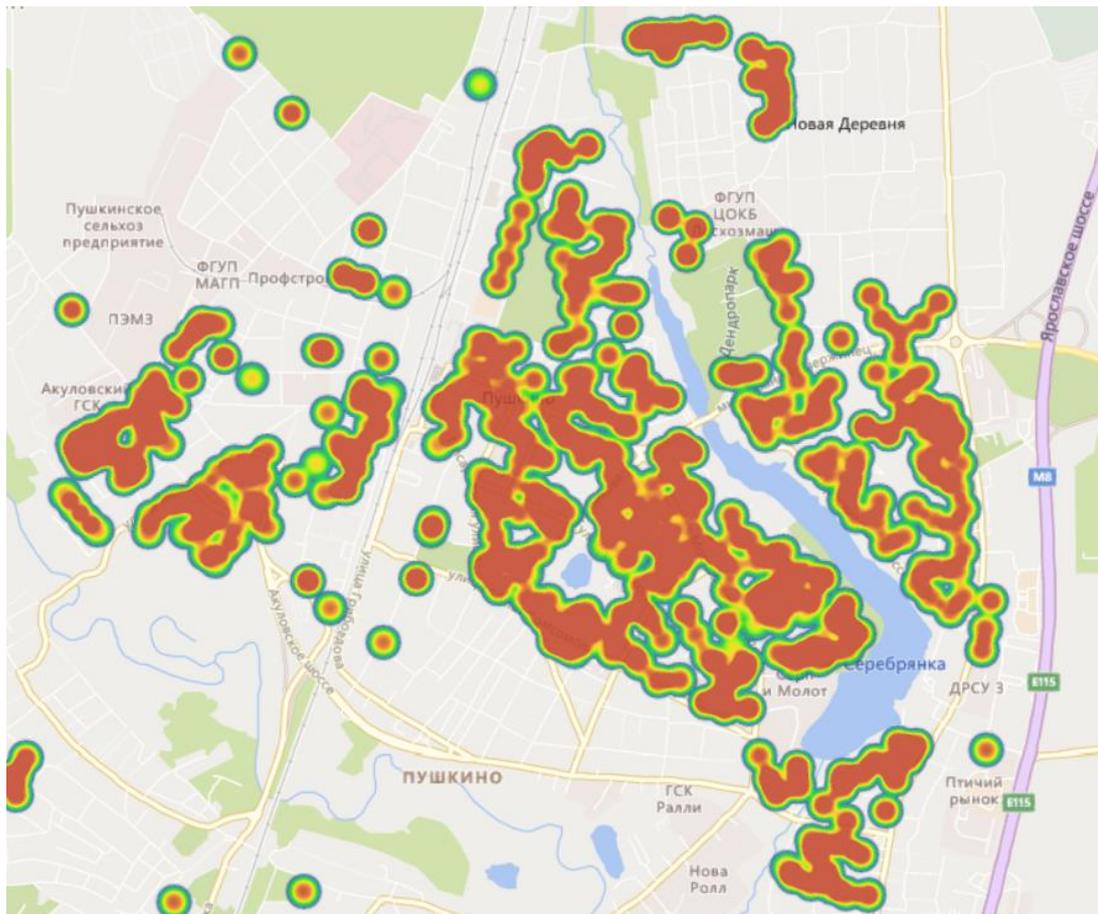


Рис.3 - Тепловая карта плотности заселения городской территории города Пушкино.

В результате анализа данных автором была получена аналитическая зависимость (1) динамики развития жилого фонда г. Пушкино:

$$Y=61,577*X^{2,449} \quad (1)$$

Заключение.

Полученные результаты показывают, что применение современных общедоступных программных средств и информационных технологий позволяет собрать и проанализировать информационные данные с последующим анализом любых городских территории России.

Список литературы

1. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction. В сборнике: E3S Web of Conferences 2019. С. 01032.
2. *Garyaev P.N.* Computer-aided zoning and urban planning. Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1618-1625.
3. *Garyaeva V.* Application of BIM modeling for the organization of collective work on a construction project. В сборнике: МАТЕС Web of Conferences 2018. С. 05025.
4. *Garyaeva V.V., Garyaev N.A.* Integrated assessment of the technical condition of the housing projects on the basis of computer technology. В сборнике: Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1336-1343.
5. *Гаряев П.Н.* Анализ инструментов автоматизации градостроительного зонирования и экспертного анализа территориального планирования. В сборнике: Наука - XXI век сборник материалов международной научной конференции. Москва, 2015. С. 71-76.
6. *Гинзбург А.В.* Системы информатизации: комплексные решения в строительстве. / Научно-технический журнал Вестник МГСУ, 2011, №6 -с. 388-393.
7. *Истомин Б.С., Горяев Н.А., Олохова А.Г.* Технология проектирования в строительстве Москва, 2009.
8. Системы автоматизации проектирования в строительстве: учебное пособие под ред. А.В. Гинзбурга / -М.: МГСУ, 2014. - 664 с.

05.13.01

В.В. Гаряева канд. техн. наук

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaeva@bk.ru

ПРИНЦИПЫ ПЕРЕХОДА К МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ «УМНЫЙ ГОРОД»

Статья посвящена анализу характерных черт, опыта внедрения технологий Умного города позволяющих обеспечить устойчивое развитие современных городов, улучшить эффективность городского управления, повысить качество жизни населения во всех сферах, в том числе экономической, социальной и экологической.

Ключевые слова: *Умный город, управление, моделирование, экономика, развитие, контроль.*

Современная реальность оказывает существенное влияние не только на подходы к градостроительству и городскому управлению, но и в конечном итоге влияет на конкурентоспособность страны в целом. Так в развитых странах население городов уже составляет 65 процентов и более, а согласно прогнозам к 2050 году городские жители будут составлять более 75 процентов, то есть три четверти населения будет жить в городах. Кроме увеличения численности городского населения, существует тенденция роста самих городов, количество мегаполисов в мире непрерывно растет.

Важнейшей проблемой, которую придется решать всем государствам в текущем столетии станет успешное управление городами, на основе баланса экономических и технологических возможностей и минимизации ущерба окружающей среде. Так опыт внедрения технологий Умного города показывает, что возможно повысить оперативность реагирования на чрезвычайные ситуации на 20–35%, сократить среднее время в пути на работу и с работы на 15–20%, снизить заболеваемость на 8–15%, уменьшить смертность на 8–10%, а также сократить выбросы парниковых газов на 10–15%.

Развитие городов связано, в первую очередь, с удовлетворением базовых потребностей людей, таких как инфраструктура, энергетика, рабочие места, жилье, здравоохранение и образование, санитария, транспорт, мобильность, охрана и безопасность; не менее важными основными потребностями являются также общение и отдых; кроме всего прочего необходимо обеспечить экономическую эффективность и экологичность.

Решение этих проблем требует эволюции управления и принятия решений, а также более эффективного разумного использования ресурсов. Вся концепция современного Умного города ориентирована на решение и удовлетворения потребностей его жителей наилучшим образом, используя уникальные инновационные инструменты, в том числе искусственный интеллект.

Умный город - это город, использующий наряду с традиционными инструментами, в первую очередь информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), для обеспечения устойчивого развития, улучшения качества жизни, эффективности городского управления и предоставления услуг, повышения конкурентоспособности, обеспечивая при этом удовлетворение экономических, социальных и экологических потребностей не только существующего но и будущего поколения жителей. В нем созданы привлекательные и безопасные условия для жизни, работы, предпринимательства, творчества и отдыха людей. Такой город не только гарантирует экономическое и социальное благосостояние, но также обеспечивает рациональное использование ресурсов для длительного существования и успешного развития.

Использование цифровых технологий [2], позволяющих сократить затраты и оптимизировать потребление ресурсов, в том числе использование возобновляемых источников энергии.

Анализ применения цифровых технологий для управления Умным городом показал, что наиболее востребованными являются такие технологии, как моделирование ситуаций, аналитика данных, геоинформационные системы (ГИС) [3].

Для выявления основных проблем города и муниципальных властей необходимо провести предварительное исследование, затем проанализировать существующий опыт решения выявленных проблем и выработать варианты возможных решений. Привлечь технических специалистов из разных областей знаний для выработки и принятия решений, оценить потребность в ресурсах необходимых для реализации предложенных проектов, определить стратегическое направление развития и этапы реализации, а также источники финансирования.

Крайне важно правильно учесть человеческие и материальные ресурсы, требуемые для реализации проекта. Сформировать коллективы обученных и мотивированных специалистов, способных реализовать проект [4, 5].

На сегодняшний день существуют две стратегии реализации проектов умного города: с нуля, заложив в них системы городского экологичного транспорта, рециркуляции воды и другие. Примерами могут служить города Тяньцзинь Эко Сити совместный проект Китая и Сингапура и Масдар в ОАЭ: другой путь, который показал себя гораздо лучше - реализовывать smart-технологии в уже существующих городах. Наиболее ярким примером является Сингапур с его интеллектуальным решением проблем городского транспорта.

Проведенное выше исследование дает возможность сформулировать принципы перехода от традиционной модели управления городом к модели «Умного города».

Во-первых, при реализации проекта Умного города важно объединение усилий административной и исполнительной власти города, а также всех служб, отвечающих за его жизнеобеспечение. Это позволит создать комплексный проект многоотраслевой модели управления.

Во-вторых, созданная группа, возглавляемая руководителем проекта, должна грамотно спланировать и проконтролировать поэтапный переход. Внедрение предпочтительнее начинать с реализации пилотного этапа, который позволит осуществить мониторинг, оценку, обучение и представление конкретных и измеримых результатов для сравнения с традиционными моделями управления.

В-третьих, проект «Умный город» должен осуществляться поэтапно, строго последовательно не нарушая очередность, реализуя один или несколько пилотных проектов, в соответствии с финансовыми возможностями города. Наиболее доступным является проект цифровизации услуг для граждан, т.к. она способствует внутренней организации управления и одновременно способствует сокращению затрат и увеличению доходов.

В-четвертых, необходима оцифровка и интеграция городских транспортных систем, и внедрение проектов, связанных с повышением безопасности. Они хорошо воспринимаются населением, так как решают насущные проблемы граждан. Внедрение этих технологий сразу дает осязаемый видимый положительный эффект и демонстрирует общественности преимущества умного города.

В России в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и национальной программы «Цифровая экономика» реализуется проект «Умный город». Так в 2019 году Минстроем России утвержден Стандарт «Умного города» - набор базовых и дополнительных мероприятий, которые предстоит выполнять всем городам-участникам ведомственного проекта цифровизации городского хозяйства «Умный город» в срок до 2024 года.

Стандарт включает мероприятия по следующим восьми направлениям: городское управление, «умное» ЖКХ, инновации для городской среды, «умный» городской транспорт, интеллектуальные системы общественной и экологической безопасности, инфраструктура сетей связи, туризм и сервис [6].

Заключение.

Представленная статья является попыткой разработки плана внедрения «Умного города» с учетом практического опыта успешно реализованных проектов современных городов, пошедших по этому сложному пути. В результате проведенного исследования были сформированы следующие пять последовательных этапов внедрения.

Первый шаг на пути к созданию «умного города» состоит в том, чтобы организовать многопрофильную команду, состоящую из специалистов разных направлений, во главе с руководителем, обладающим полномочиями для реализации проекта.

Понимания текущих и потенциальных проблем, которые могут возникнуть при реализации проекта Умного города, в каждой конкретной ситуации с учетом местных условий и ограничений конкретного города имеет решающее значение. Построение Smart City - это постепенный процесс, состоящий из нескольких небольших этапов. Первым шагом является выявление наиболее острых городских проблем, требующих немедленного решения. Очень важно провести тщательный анализ имеющейся технологической инфраструктуры в самом городе и в государственных учреждениях, которые предоставляют услуги, провести оценку кадровых ресурсов, что позволит устранить возможные ограничения в самом начале процесса.

После диагностики проблем и возможностей города, необходимо подготовить план реализации «Умного города» с оценкой затрат и выгод с учетом технологических проблем, нормативно-правовой базы, источников финансирования для реализации и поддержки запланированных действий. Финансовая устойчивость проекта крайне важна. Правильное планирование этапов проекта позволяет прогнозировать потребности в финансовых средствах.

Проекты «Умный город» могут реализовываться как за счет государственных средств, так и с привлечением частного капитала, поэтому важным шагом является установление партнерских отношений с частным сектором, научными кругами, неправительственными и другими организациями.

Крайне важно предоставить обратную связь различным управляющим органам с анализом успехов и неудач и использовать результаты для корректировок процессов в управлении.

Список литературы

1. World urbanization prospects the 2018 revision. United Nations, New York, 2019.
2. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction. В сборнике: E3S Web of Conferences 2019. С. 01032.
3. *Garyaev P.N.* Computer-aided zoning and urban planning. Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1618-1625.
4. *Garyaeva V.* Application of BIM modeling for the organization of collective work on a construction project. В сборнике: MATEC Web of Conferences 2018. С. 05025.
5. *Garyaeva V.V., Garyaev N.A.* Integrated assessment of the technical condition of the housing projects on the basis of computer technology. В сборнике: Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1336-1343.
6. Базовые и дополнительные требования к умным городам (стандарт "Умный город") <http://docs.cntd.ru/document/553829628>

05.13.01

В.М. Гришин канд. техн. наук, Ву Чонг Туан

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 604 “Системный анализ и управление”,
Москва, Vyacheslav.Grishin@gmail.com, giadinh5@gmail.com

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ПАССИВНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ ДОПУСКОВ

Работа посвящена выбору оптимальных параметров структур пассивно резервированных подсистем летательных аппаратов (ЛА) с учетом допусков на уменьшение их выходных характеристик при отказах элементов и требуемой их безотказности. Показано, что синтез структуры основан на решении двухкритериальной задачи оптимизации, которая разными способами может быть сведена к одному критерию. В работе выбран способ линейной свертки. Исследовано влияние величин требуемой безотказности и допусков на оптимальную структуру пассивного резервирования подсистем ЛА.

Ключевые слова: безотказность подсистем, безотказность элементов, кратность резервирования, назначенный и реализуемый допуски, кратное и некрatное резервирование.

1. Обсуждение проблемы синтеза структуры пассивного резервирования подсистем ЛА

Одной из важных проблем при модернизации существующих и разработке перспективных образцов техники является реализация все возрастающих требований по обеспечению безотказности подсистем ЛА при внезапных отказах. Для многих подсистем ЛА, не допускающих даже кратковременных перерывов в работе, эти требования можно удовлетворить только пассивным резервированием. При этом, на структуру резервирования, определяемую любыми двумя из трех параметров (количеством основных элементов m , резервных элементов r и общим числом элементов n) существенное влияние может оказывать, связанная с ней по выходному параметру, смежная подсистема.

Следует различать допуски назначенные (dW_n) и допуски реализуемые (dW_p). Назначенный допуск определяет предельно допустимое отклонение от номинального значения (номинала) входного параметра смежной подсистемы, обеспечивающий ее нормальное функционирование. Назначенный допуск определяется нормативно-технической документацией на рассматриваемый объект техники. Реализуемый допуск характеризуется величиной отклонения выходного параметра от номинала при отказе (выходе из строя) всех ее $r = n - m$ резервных элементов. Реализуемый и назначенный допуски могут задаваться в абсолютных и относительных величинах. В работе используется реализуемый допуск в относительных величинах по формуле:

$$dW_p = \frac{r}{n} \cdot 100\% = \frac{n-m}{n} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Для реализуемых и назначенных допусков должно выполняться условие:

$$dW_n \geq dW_p \quad (2)$$

Один и тот же реализуемый допуск может обеспечиваться разными структурами, как правило, некрatного пассивного резервирования. Эти структуры определяются линейкой (множеством) возрастающих кратностей, обозначаемых в обобщенном виде K_i , начиная с минимального значения индекса i :

$$K_i = \frac{n_i}{m_i} \quad (3)$$

$$dW_p = \frac{r_i}{n_i} \cdot 100\% = \frac{n_i - m_i}{n_i} \cdot 100\% \quad (4)$$

В зависимости от количества резервных элементов, входящих в минимальную кратность резервирования реализуемые допуски различаются по уровням. В дальнейшем будем рассматривать дискретные шкалы реализуемых допусков только первого и второго уровней, как наиболее важные для практических расчетов. При этом, под допуском будем понимать реализуемый допуск, опуская слово реализуемый, если это ясно из контекста.

Шкалу допусков первого уровня удобно реализовать при минимальных значениях параметров структур n_m и m_m определяемых $r = 1$ путем варьирования общего количества элементов $n = 2, 3, 4, 5, \dots$. Она имеет вид: 50%; 33,3%; 25%; 20%; 16,7%; 14,3%; 12,5%; 11,1%; 10% и т.д. Аналогично, шкалу допусков второго уровня удобно реализовать при минимальных значениях параметров структур n_m и m_m , определяемых $r = 2$, путем варьирования $n = 3, 4, 5, 6, \dots$. Она имеет вид: 66,7%; 50%; 40%; 33,3%; 28,6%; 25%; 22,2%; 20%; 18,2% и т.д.

Как отмечалось, каждый допуск может обеспечиваться разными структурами, реализуемыми множеством возрастающих кратностей, начиная с минимальной кратности. В общем виде индивидуальные линейки кратностей рассчитываются по формуле:

$$K_i = \frac{n_i}{m_i} = \frac{n_{m,i}}{m_{m,i}} \tag{5}$$

где $i > 1$ для допусков 1-го уровня и $i > 2$ для допусков 2-го второго уровня.

Здесь n_m и m_m – минимальные значения параметров структур, обеспечивающих формирование каждого допуска. Таким образом, каждому допуску любого уровня соответствует своя линейка возрастающих кратностей, обозначаемых в обобщенном виде K_i .

Пусть T – случайное время до отказа. Будем использовать в качестве показателя безотказности резервированной подсистемы ее вероятность безотказной работы P_c за время выполнения задания t_3 .

$$P_c(t_3) = P(T > t_3) = P_c \tag{6}$$

а в качестве показателя безотказности нерезервированной подсистемы (элемента резервированной подсистемы) аналогичную вероятность безотказной работы элемента резервированной подсистемы p за время выполнения задания t_3 .

$$p(t_3) = P(T > t_3) = p \tag{7}$$

Принятые в работе условия функционирования элементов пассивно резервированных подсистем удовлетворяют требованиям теоремы Бернулли о повторении опытов [1]. Поэтому для расчета показателя безотказности (6) можно использовать формулу биномиального закона распределения:

$$P_c = \sum_{i=m}^n C_i^n \cdot p^i \cdot (1-p)^{n-i} \tag{8}$$

2. Постановка задачи синтеза структуры пассивного резервирования подсистем ЛА

Одна из задач, стоящих перед разработчиками подсистем ЛА заключается в создании высоконадежных объектов из малонадежных, как правило, дешевых элементов. Применительно к рассматриваемой задаче это означает, что оптимальная структура пассивного резервирования должна соответствовать таким значениям n и m , при которых безотказность резервированной подсистемы была бы как можно выше, а безотказность входящих в нее элементов – как можно ниже.

Возникает задача оптимизации по двум показателям:

- показателю безотказности резервированной подсистемы

$$P_c = \sum_{i=m}^n C_i^n \cdot p^i \cdot (1-p)^{n-i} \rightarrow \max \tag{9}$$

- показателю безотказности элементов резервированной подсистемы

$$p(p) \rightarrow \min \tag{10}$$

Необходимо выполнить свертку двух показателей к одному комплексному критерию, так как задача оптимизации по многим показателям математически не корректна. Из набора возможных способов свертки выберем 2 подхода, позволяющие математически найти компромиссное решение в задаче синтеза.

Первый подход заключается в линейной свертке двух показателей:

$$\Delta P_c = P_c - p \quad (11)$$

где $P_c \rightarrow \max$, $p \rightarrow \max$, $\Delta P_c \rightarrow \max$

Второй подход заключается в формировании отношения двух показателей.

$$dP_c = P_c / p \quad (12)$$

где $P_c \rightarrow \max$, $p \rightarrow \min$, $dP_c \rightarrow \max$

Следует заметить, что при оптимизации по комплексным критериям не удовлетворяются экстремумы ни по одному из входящих в них частных показателей, а находится новое решение, являющееся некоторым компромиссом между частными экстремумами. Это компромиссное решение в значительной степени определяется способом сведения частных показателей к одному комплексному критерию и зависит от целей и задач, стоящих перед разработчиком.

Выберем для дальнейшего использования линейной критерий (11). В этом случае, математическая постановка задачи синтеза структуры пассивного резервирования подсистем ЛА с учетом, предъявляемых к ним требований по безотказности [1, 2] и допуску [3] выглядит следующим образом:

$$\Delta P_c^* = \max_{(p, K_i)} (P_c(p, K_i, dW_p, P_{тр}, dW_n) - p) \quad (13)$$

При ограничениях:

$$dW_p \leq dW_n \quad (14)$$

$$P_c^* \geq P_{тр} \quad (15)$$

$$K_i = n_i / m_i, n_i, m_i > 0, \text{ целые} \quad (16)$$

3. Решение задачи синтеза структуры пассивного резервирования подсистем ЛА

Пусть задано значение назначенного допуска dW_n , а также требуемой безотказности $P_{тр}$ резервированной подсистемы ЛА. Назначенный допуск dW_n позволяет определить по сетке реализуемых допусков первого и второго уровней ближайшую к нему величину dW_p в соответствии с условием (14). Найденный реализуемый допуск, как отмечалось, обеспечивается множествам возрастающих кратностей K_i , начиная с минимальной. Причем, каждая кратность задает параметры n_i и m_i определенной структуры резервирования.

Формула (13) вычисления комплексного критерия позволяет решить так называемую ослабленную задачу синтеза, которая выглядит следующим образом:

$$\Delta P_c^* = \max_{(p)} (P_c(p, K_i, dW_p, dW_n) - p) \quad (17)$$

При ограничениях:

$$dW_p \leq dW_n \quad (18)$$

$$K_i = n_i / m_i, n_i, m_i > 0, \text{ целые} \quad (19)$$

Ослабленная задача не учитывает ограничение по безотказности резервированной подсистемы (15) исходной задачи. Ее решение позволяет найти зависимости оптимальных значений комплексного критерия ΔP_c^* и доставляющих эти значения частных показателей P_c^* и p^* от кратностей резервирования K_i :

$$\Delta P_c^* = \Delta P_c^*(K_i); P_c^* = P_c^*(K_i); p^* = p^*(K_i). \quad (20)$$

Зависимость $\Delta P_c^*(K_i)$ имеет возрастающий характер с увеличением кратности резервирования K_i при любых реализуемых допусках. Это обстоятельство позволяет решить исходную задачу синтеза, т. е. найти такие значения кратностей K_i , при которых выполняется условие $P_c^* \geq P_{тр}$.

Решение ослабленной задачи проще всего выполнить методом перебора. При заданном значении реализуемого допуска dW_p и множестве обеспечивающих этот допуск кратностей K_i организуется перебор значений вероятностей элементов p и вычисление комплексного критерия (17). Шаг перебора определяет точность вычисления оптимального значения комплексного критерия ΔP_C^* а также соответствующих ему частных показателей P_C^* и p^* .

Найденные таким образом зависимости $\Delta P_C^* = \Delta P_C^*(K_i); P_C^* = P_C^*(K_i); p^* = p^*(K_i)$ позволяют найти решение искомой задачи синтеза.

Ввиду отсутствия информации о количественных значениях назначенных допусков и требуемой безотказности реальных подсистем ЛА, проведем расчеты зависимостей (20) для широкого диапазона реализуемых допусков первого и второго уровней. В таблице 1 представлены результаты расчетов оптимальных значений ΔP_C^* , P_C^* и p^* для десяти кратностей и наиболее значимых допусков первого уровня, а в таблице 2 – аналогичные результаты для девяти кратностей и значимых допусков второго уровня. Пенные результаты вычислены с точностью 0,001.

Таблица 1. Оптимальные значения комплексного критерий ΔP_C^* и частных показателей P_C^* и p^* для реализуемых допусков первого уровня

dW_p %	Параметры	Кратности K_i									
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
50	ΔP_C^*	0,250	0,224	0,233	0,245	0,257	0,267	0,276	0,284	0,291	0,297
	P_C^*	0,750	0,863	0,898	0,915	0,926	0,934	0,940	0,944	0,948	0,951
	p^*	0,500	0,639	0,665	0,670	0,669	0,667	0,664	0,660	0,657	0,654
	n^*, m^*	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8	18,9	20,10
33,3	ΔP_C^*	0,096	0,104	0,119	0,131	0,141	0,150	0,157	0,164	0,170	0,175
	P_C^*	0,885	0,933	0,947	0,954	0,958	0,962	0,964	0,967	0,969	0,970
	p^*	0,789	0,829	0,828	0,817	0,812	0,807	0,803	0,799	0,795	0,792
	n^*, m^*	3,2	6,4	9,6	12,8	15,10	18,12	21,14	24,16	27,18	30,20
25	ΔP_C^*	0,048	0,062	0,075	0,085	0,094	0,101	0,107	0,112	0,117	0,121
	P_C^*	0,944	0,961	0,967	0,970	0,973	0,974	0,976	0,977	0,978	0,979
	p^*	0,896	0,899	0,892	0,885	0,879	0,873	0,869	0,865	0,861	0,858
	n^*, m^*	4,3	8,6	12,9	16,12	20,15	24,18	28,21	32,24	36,27	40,30
20	ΔP_C^*	0,028	0,042	0,053	0,062	0,069	0,075	0,080	0,084	0,088	0,092
	P_C^*	0,968	0,975	0,977	0,979	0,980	0,981	0,982	0,983	0,984	0,985
	p^*	0,940	0,933	0,924	0,917	0,911	0,906	0,902	0,899	0,895	0,893
	n^*, m^*	5,4	10,8	15,12	20,16	25,20	30,24	35,28	40,32	45,36	50,40
16,7	ΔP_C^*	0,018	0,030	0,040	0,048	0,054	0,059	0,063	0,067	0,070	0,073
	P_C^*	0,979	0,981	0,983	0,984	0,985	0,986	0,986	0,987	0,987	0,987
	p^*	0,961	0,951	0,943	0,936	0,931	0,927	0,923	0,920	0,917	0,914
	n^*, m^*	6,5	12,10	18,15	24,20	30,25	36,30	42,35	48,40	54,45	60,50

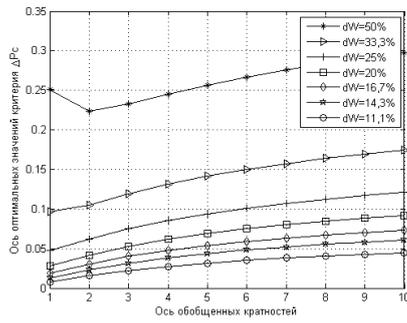
14,3	ΔP_C^*	0,013	0,023	0,032	0,038	0,044	0,048	0,052	0,055	0,058	0,061
	P_C^*	0,986	0,986	0,987	0,987	0,988	0,988	0,989	0,989	0,989	0,990
	p^*	0,973	0,963	0,955	0,949	0,944	0,940	0,937	0,934	0,931	0,929
	n^*, m^*	7,6	14,12	21,18	28,24	35,30	42,36	49,42	56,48	63,54	70,60
11,1	ΔP_C^*	0,007	0,015	0,022	0,027	0,031	0,035	0,038	0,041	0,043	0,045
	P_C^*	0,992	0,991	0,991	0,991	0,991	0,992	0,992	0,992	0,993	0,993
	p^*	0,985	0,976	0,969	0,964	0,960	0,957	0,954	0,952	0,950	0,948
	n^*, m^*	9,8	18,16	27,24	36,32	45,40	54,48	63,56	72,64	81,72	90,80

Таблица 2. Оптимальные значения комплексного критерий ΔP_C^* и частных показателей P_C^* и p^* для реализуемых допусков второго уровня

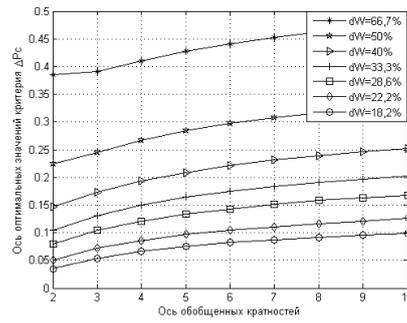
dW_p %	Пара метры	Кратности (K_i)								
		K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
66,7	ΔP_C^*	0,385	0,391	0,410	0,427	0,441	0,453	0,463	0,471	0,479
	P_C^*	0,808	0,880	0,908	0,924	0,934	0,941	0,946	0,950	0,954
	p^*	0,423	0,489	0,498	0,497	0,493	0,488	0,483	0,479	0,475
	n^*, m^*	3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8	27,9
50	ΔP_C^*	0,224	0,245	0,267	0,284	0,297	0,308	0,317	0,325	0,331
	P_C^*	0,863	0,915	0,934	0,944	0,951	0,956	0,959	0,962	0,964
	p^*	0,639	0,670	0,667	0,660	0,654	0,648	0,642	0,637	0,633
	n^*, m^*	4,2	8,4	12,6	16,8	20,10	24,12	28,14	32,16	36,18
40	ΔP_C^*	0,147	0,173	0,194	0,209	0,221	0,231	0,239	0,246	0,252
	P_C^*	0,907	0,939	0,951	0,957	0,962	0,966	0,968	0,971	0,972
	p^*	0,760	0,766	0,757	0,748	0,741	0,735	0,729	0,725	0,720
	n^*, m^*	5,3	10,6	15,9	20,12	25,15	30,18	35,21	40,24	45,27
33,3	ΔP_C^*	0,104	0,131	0,150	0,164	0,175	0,183	0,191	0,197	0,202
	P_C^*	0,933	0,954	0,962	0,967	0,970	0,972	0,975	0,976	0,978
	p^*	0,829	0,823	0,812	0,803	0,795	0,789	0,784	0,779	0,776
	n^*, m^*	6,4	12,8	18,12	24,16	30,20	36,24	42,28	48,32	54,36
28,6	ΔP_C^*	0,079	0,104	0,121	0,134	0,144	0,151	0,158	0,163	0,168
	P_C^*	0,951	0,963	0,969	0,973	0,975	0,977	0,979	0,980	0,981
	p^*	0,872	0,859	0,848	0,839	0,832	0,826	0,821	0,817	0,813
	n^*, m^*	7,5	14,10	21,15	28,20	35,25	42,30	49,35	56,40	63,45
22,2	ΔP_C^*	0,050	0,072	0,086	0,097	0,105	0,111	0,116	0,121	0,126
	P_C^*	0,969	0,975	0,978	0,981	0,982	0,983	0,984	0,985	0,985
	p^*	0,919	0,903	0,892	0,884	0,877	0,872	0,868	0,864	0,861
	n^*, m^*	9,7	18,14	27,21	36,28	45,35	54,42	63,49	72,56	81,63
18,2	ΔP_C^*	0,035	0,054	0,066	0,075	0,082	0,087	0,092	0,096	0,099
	P_C^*	0,978	0,982	0,984	0,985	0,987	0,987	0,988	0,989	0,989
	p^*	0,943	0,928	0,918	0,910	0,905	0,900	0,896	0,893	0,891
	n^*, m^*	11,9	22,18	33,27	44,36	55,45	66,54	77,63	88,72	99,81

Величины n_m и m_m допусков первого уровня, приведенных в таблице 1, расположены в первой колонке, соответствующей обобщенной кратности K_1 для допусков второго уровня, приведенных в таблице 2, величины n_m и m_m расположены во второй колонке, соответствующей обобщенной кратности K_2 .

Для иллюстрации результатов оптимизации, представленных в таблицах 1 и 2, на рисунках 1-3 показаны зависимости искомых оптимальных величин от обобщенной кратности K_i .

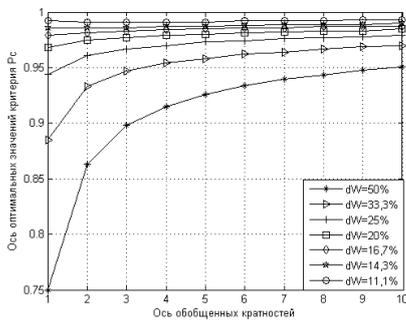


Допусков 1-го

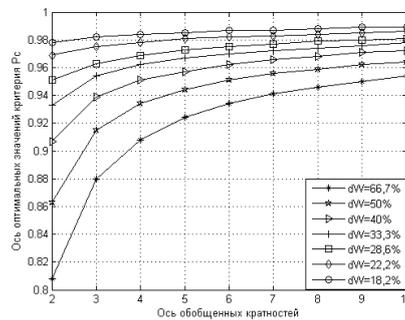


Допусков 2-го уровня

Рис. 1. Графики зависимостей $\Delta P_C^*(K_i)$ для допусков 1-го и 2-го уровня

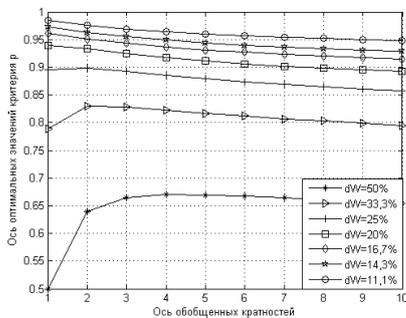


Допусков 1-го

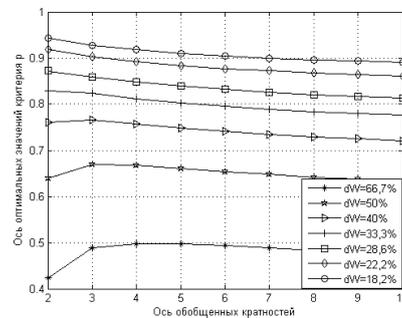


Допусков 2-го уровня

Рис. 2. Графики зависимостей $P_C^*(K_i)$ для допусков 1-го и 2-го уровня



Допусков 1-го



Допусков 2-го уровня

Рис. 3. Графики зависимостей $p^*(K_i)$ для допусков 1-го и 2-го уровня

Графики на рис. 1, 2, 3 показывают разный характер зависимостей оптимальных значений частных показателей P_C^* , p^* и комплексно критерия ΔP_C^* от обобщенных кратностей для различных допусков 1-го и 2-го уровня.

Используя данные таблиц 1 и 2, составим сводную таблицу 3, позволяющую получать решение задачи синтеза подсистем ЛА для семи значений требуемой безотказности и используемой в работе сетки допусков 1-го и 2-го уровней.

Таблица 3. Оптимальные характеристики обеспечения требуемого уровня безотказности подсистем ЛА

$P_{\text{тр}}$	Харак-тики Обеспечения $P_{\text{тр}}^*$	Значения характеристик обеспечения $P_{\text{тр}}$					
0,93	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,934	0,934	0,939	0,933	-	-
	dW_p	66,7	50	40	33,3	-	-
	K_i^*	K_6	K_6^1, K_4^2	K_3	$K_2^{1,2}$	-	-
	n^*, m^*	15,5	12,6	10,6	6,4	-	-
0,94	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,941	0,944	0,944	-	-	-
	dW_p	66,7	50	25	-	-	-
	K_i^*	K_7	K_8^1, K_5^2	K_1^1	-	-	-
	n^*, m^*	18,6	16,8	4,3	-	-	-
0,95	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,950	0,951	0,951	0,954	0,951	-
	dW_p	66,7	50	40	33,3	28,6	-
	K_i^*	K_9	K_{10}^1, K_6^2	K_4	K_4^1, K_3^2	K_2	-
	n^*, m^*	24,8	20,10	15,9	12,8	7,5	-
0,96	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,962	0,962	0,962	0,963	0,961	0,968
	dW_p	50	40	33,3	28,6	25	20
	K_i^*	K_9^2	K_6	K_6^1, K_4^2	K_3	$K_2^{1,2}$	K_1^1
	n^*, m^*	32,16	25,15	18,12	14,10	8,6	5,4
0,97	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,971	0,972	0,973	0,970	0,975	0,979
	dW_p	40	33,3	28,6	25	20	16,7
	K_i^*	K_9	K_7^2	K_5	K_4^1, K_3^2	$K_2^{1,2}$	K_1
	n^*, m^*	40,24	36,24	28,20	16,12	10,8	6,5
0,98	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,980	0,980	0,981	0,981	0,982	0,981
	dW_p	28,6	25	22,2	20	18,2	16,7
	K_i^*	K_9	K_7^2	K_5	K_6^1, K_4^2	K_3	K_2
	n^*, m^*	56,40	48,36	36,28	30,24	22,18	12,10
0,99	$P_C^* \geq P_{\text{тр}}$	0,990	0,990	0,991	-	-	-
	dW_p	14,3	12,5	11,1	-	-	-
	K_i^*	K_{11}	K_6	K_3	-	-	-
	n^*, m^*	77,66	48,42	27,24	-	-	-

В таблице 3 обобщенные кратности помимо нижних индексов могут иметь верхние индексы. Верхний индекс 1 указывает, что данная кратность относится к допуску первого уровня, а 2 – к допуску второго уровня. Наличие двух кратностей в одной клетке таблицы говорит о том, что соответствующая структура резервирования может быть реализована двумя разными обобщенными кратностями двух одинаковых допусков разного уровня, обеспечивающих одну и ту же индивидуальную кратность резервирования. Например, требуемая безотказность $P_{\text{тр}}=0,93$ может быть реализована допуском $dW_p=50\%$ первого уровня и обобщенной кратностью K_6 , а также допуском $dW_p=50\%$ второго уровня и обобщенной кратностью K_4 , причем индивидуальные кратности в обоих случаях совпадают и определяют оптимальную структуру резервирования с параметрами: $n^*=12$, $m^*=6$. Достижимая при этой структуре оптимальная безотказность резервированной подсистемы $P_C^*=0,934 > P_{\text{тр}}=0,93$.

Сводная таблица 3 позволяет найти оптимальные структуры резервирования для заданной сетке требуемых безотказностей и реализуемых допусков 1-го и 2-го уровней. Например,

требуемая безотказность резервированной подсистемы, равная 0,95 может быть обеспечена: при реализуемом допуске 66,7% структурой $n^*=24$, $m^*=8$, при реализуемом допуске 50% структурой $n^*=20$, $m^*=10$; при реализуемом допуске 40% структурой $n^*=15$, $m^*=9$; при реализуемом допуске 33,3% структурой $n^*=12$, $m^*=8$; при реализуемом допуске 28,6% структурой $n^*=5$, $m^*=7$. Аналогично, по таблице 3 находятся оптимальные структуры резервирования для других значений требуемой безотказности резервированной подсистемы ЛА.

4. Заключение

Анализ представленных в таблицах и графиках результатов позволяет установить следующие закономерности:

1. Оптимальные значения комплексного критерия $\Delta P_C^* = P_C^* - p^*$ при любых рассмотренных значениях реализуемых допусков монотонно возрастают с ростом кратности резервирования K_i и при любом значении кратности резервирования K_i монотонно убывают, стремясь к нулю, с уменьшением реализуемых допусков.

2. Оптимальные значения частного показателя p^* , определяющего безотказность элементов, монотонно убывают с ростом кратности резервирования K_i при реализуемых допусках 1-го уровня, меньших 25%, и второго уровня, меньших 40%, а при допусках, больше указанных значений, сначала возрастают не более 5% при кратностях резервирования не превышающих K_4 а затем монотонно убывают с ростом кратности резервирования, также увеличивая оптимальные значения комплексного критерия ΔP_C^* .

3. Оптимальные значения безотказности резервированных подсистем P_C^* можно увеличить в интересах удовлетворения техническим требованиям либо уменьшением реализуемых допусков при любой кратности резервирования K_i , либо увеличением кратности резервирования K_i при заданном допуске, либо изменением обоих параметров одновременно.

4. Оптимальные значения безотказности резервированных подсистем P_C^* монотонно возрастают с уменьшением реализуемых допусков, стремясь к единице при приближении реализуемого допуска к нулю, при любой кратности резервирования.

5. Оптимальные значения безотказности резервированных подсистем P_C^* монотонно возрастают с увеличением кратности резервирования K_i , приближаясь к единице при стремлении кратности резервирования к бесконечности, для реализуемых допусков любого уровня более 12,5%, а для реализуемых допусков менее 12,5% показатель P_C^* с увеличением кратности резервирования практически не меняется, сохраняя значения, определяемые величиной реализуемого допуска в окрестностях 0,99.

6. При допусках более 25% и высоких требованиях к безотказности резервированных подсистем (более 0,98) решение задачи синтеза может быть получено только при больших кратностях резервирования, когда оптимальная численность элементов резервированной подсистемы n^* существенно выше 100, а при допусках менее 25% и тех же высоких требованиях к безотказности подсистем оптимальная кратность резервирования K_i^* резко уменьшается, обеспечивая решение задачи синтеза при оптимальной численности n^* не выше 20-30.

7. При допусках менее 25% и невысоких требованиях к безотказности резервированных подсистем (менее 0,95) решение задачи синтеза не существует, поэтому требования по безотказности резервированных подсистем при таких условиях могут быть удовлетворены только не оптимальными структурами резервирования.

Список литературы

1. Милехин Ю.М., Берсон А.Ю., Кавицкая В.К., Еренбург Э.И. Надежность ракетных двигателей на твердом топливе. – М.: ООО “Эврика”, 2005. – 179 с.
2. Справочник по надежности и эффективности в технике/ [под ред. В.И. Патрушева и А.И. Рембезы]. – М.: Машиностроение, 1988. – С.38.
3. Етифанов А.Д. Надежность систем управления. М.: Машиностроение, 1975. – С.76.

05.13.01

А.В. Запорожцев канд. техн. наук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт промышленных технологий,
Кафедра Теоретической и прикладной механики,
Нижний Новгород, zaporozhcev10@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ В РАБОТЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ

Современный подход к проектированию и модернизации систем исходит из необходимости учета требований всех лиц заинтересованных в успешном завершении проекта. В статье рассмотрена проблема коммуникации инженера по требованиям с заинтересованными лицами - стейкхолдерами. Процесс выявления требований осложняется субъективным восприятием каждого из стейкхолдеров – особенностями его восприятия предметной области. Для решения этой проблемы предлагается строить модель системы (проблемной области), что позволяет обсуждать эту модель со всеми стейкхолдерами, вносить изменения, добиваться согласованного понимания системы. Такой подход повышает качество работы с требованиями и увеличивает вероятность создание успешной системы.

Ключевые слова: *система, модель системы, стейкхолдер, требование, модель требований, управление требованиями, практика, дисциплина, технология.*

Введение

Осознание необходимости учета требований стейкхолдеров при создании социотехнических систем появилось в работах по системному подходу в середине 80-х годов прошлого века. Например, в работе Ф.И. Перегудова [1] отмечена важная особенность системного подхода к решению практических задач – необходимость рассматривать их как проблему. Отличие проблемы от задачи в том, что для задачи известен способ ее решения, а проблема не имеет одного решения. Для разработки успешного варианта решения проблемы необходимо учесть много факторов определяющих составные части проблемы – ее проблематику. Проблематика – это система проблем, в той или иной степени связанных с поставленной задачей, без учета которых задача не может быть решена. Такая точка зрения принципиально отличается от широко распространенного убеждения, что при проектировании систем необходимо исходить только из требований заказчика. Системный подход [1] исходит из того, что требование заказчика представляет собой субъективное восприятия реальной проблемы и при попытке непосредственно реализовать эти требования без учета мнения других заинтересованных сторон может привести к провалу проекта. В работе [1] перечислены основные группы стейкхолдеров: клиент, лицо, принимающее решение, участники (активные и пассивные), системные аналитики.

В современных работах по проектированию систем выявлено два понимания термина стейкхолдер: заинтересованность стейкхолдера с точки зрения влияния на проект и конструктивное (функциональное) проявление заинтересованности в форме конкретных требований к системе. Первое понимание термина стейкхолдер характерно для менеджерской точки зрения, а второе используют системные инженеры.

Системный инженер в работе со стейкхолдерами ориентируется, прежде всего, на этап приемки (валидации) проекта, когда стейкхолдеры будут оценивать содержательную часть проекта и определять степень успешности проекта. Для того, чтобы при приемке системы все стейкхолдеры оказались удовлетворены, необходимо на каждом этапе проекта вести постоянную работу со стейкхолдерами по выявлению их требований. Эта работа имеет несколько аспектов: выявление стейкхолдеров, работа со стейкхолдерами по выявлению их

требований, согласование требований разных стейкхолдеров, работа с требованиями с точки зрения контроля того, что эти требования учтены как в функциональности системы, так и в конкретных частях системы (рис.1).

Функциональный подход к работе со стейкхолдерами

Базовым принципом подхода системной инженерии к проектированию систем является определение системы на основе требований стейкхолдеров [2]. Отличительной особенностью рассмотрения стейкхолдеров в системной инженерии является рассмотрение стейкхолдера, как функционального объекта – выполняющего определенную функцию в деятельности. Необходимость рассмотрения стейкхолдера с этой позиции обусловлено тем, что центральным элементом определения системы является достижение согласия между требованиями разных стейкхолдеров. Можно предположить, что значительно легче добиться согласия между точками зрения функциональных субъектов, чем между множеством индивидуальных точек зрения разных групп стейкхолдеров. Однако, в связи с этим возникает вопрос – может ли отказ от индивидуальных точек зрения привести к тому, что важное требование к системе не будет выявлено?

Функциональный подход к работе со стейкхолдерами (рис. 1) и их требованиями основан на следующих предположениях:

- Наиболее адекватной (соответствующей реальности) является та деятельность, которую осуществляет стейкхолдер. Определение этой деятельности и является первым этапом выявления требований стейкхолдеров.

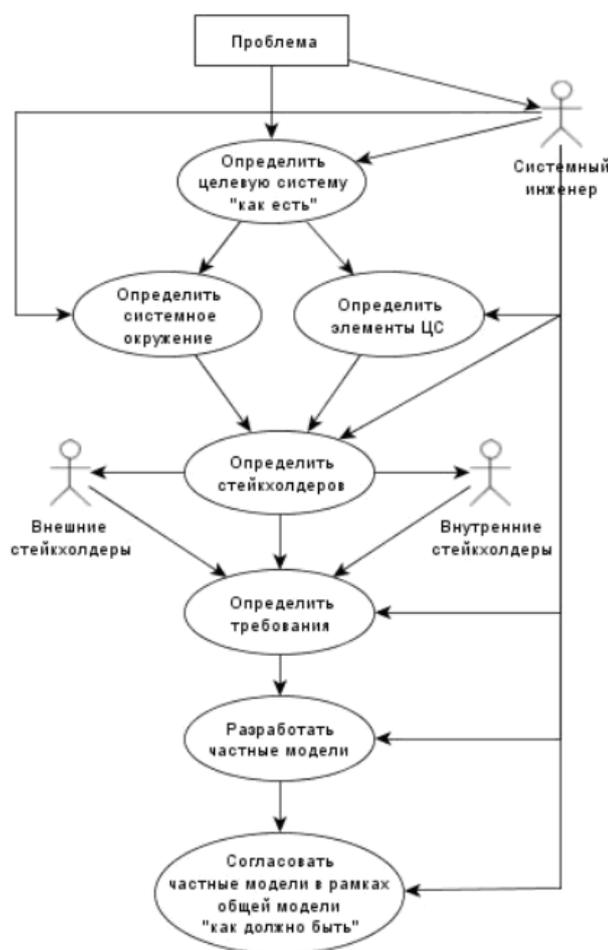


Рис. 1. Роль стейкхолдеров в создании системы

- Каждый стейкхолдер является исполнителем определенной функции системы. Внешние стейкхолдеры выполняют функции в системном окружении целевой системы, а внутренние стейкхолдеры – выполняют функции самой целевой системы.
- Особую группу составляют стейкхолдеры – команда проекта.

Рассмотрим более подробно соотношение между понятиями стейкхолдер и конкретный исполнитель с точки зрения знаний, которыми они владеют. Структурный подход к проектированию систем [3] рекомендует использовать следующие основные источники знаний о системе: документация, наблюдение за системой, опрос эксперта. В системной инженерии базовым понятием о практической деятельности является понятие практики [2], которое включает в себя функциональную составляющую (дисциплину) и модульную составляющую (технологии). Дисциплина практики может быть сопоставлена с понятием культурно-обусловленная роль стейкхолдера в деятельности [2] – это то, чему учат специалистов. Технология – это те конкретные инструменты, которыми пользуются исполнители в своей практической деятельности. Эти инструменты могут быть основаны на дисциплине, а могут быть созданы на конкретном предприятии на основе эвристики – приема, который не имеет строго научного обоснования. Кроме того, каждый исполнитель может использовать своей деятельности индивидуальные способы выполнения конкретных работ. Возникает целый спектр технологий, используемых в практической деятельности (рис. 2).

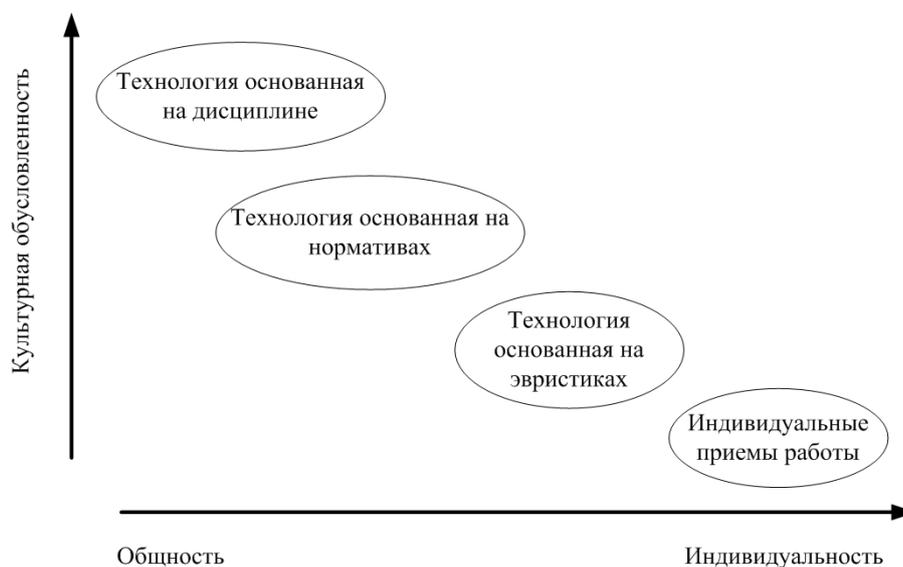


Рис. 2 Спектр технологий практики

Если рассматривать стейкхолдера как роль в культурно-обусловленной деятельности, то знаниям стейкхолдера можно поставить в соответствие знания технологий по основным дисциплинам и нормативным документам. Для обозначения деятельности в соответствии с нормативами можно использовать понятие нормативно-обусловленная деятельность. В этой деятельности ведущим элементом являются документы, устанавливающие требования к деятельности.

Каждый конкретный исполнитель владеет знаниями, которые он получил при обучении специальности, а так же знаниями, основанными на эвристиках и индивидуальных приемах работы. Важной особенностью этих знаний является отсутствие описания эвристик, что затрудняет выявление способов работы при проведении анализа деятельности. Знания о таких аспектах деятельности относят к казуальным знаниям [3]. Казуальная составляющая соответствует реальной практике деятельности – тем «не писанным» правилам, которые приняты в данной организации. Требования стейкхолдеров, отражающие неудовлетворенность существующей практикой, могут быть связаны с каждым из этих трех аспектов. Если требование стейкхолдера касается культурно-обусловленной составляющей деятельности, то это свидетельствует о том, что реальная практика требует пересмотра базовых принципов дисциплин этого вида деятельности, что потребует, прежде всего, изменения дисциплины или технологии. Для реализации такого требования необходимо провести цикл научного исследования. Если требование стейкхолдера касается нормативной составляющей, то необходимо менять нормативную базу деятельности. Если требование касается «неписанных правил», то необходима разработка дополнительного норматива для

этой деятельности. Краткий анализ составляющих видов деятельности показывает, что при работе с требованиями необходимо учитывать какая составляющая из перечисленных трех инициирует это требование, что позволит более осознанно учитывать их в конкретном проекте.

Современные подходы к выявлению требований стейкхолдеров

В современных работах по проектированию систем этапу выявления стейкхолдеров и их требованиях уделяется ограниченное внимание. Чаще всего процесс определения требований к системе рекомендуется разделять на следующие этапы: *извлечение* (elicitation), *анализ* (analysis), документирование (specification) и *утверждение* (validation) требований [4]. В работе данной работе основное внимание уделяется выявлению требований пользователей. Для этого рекомендуется выделять классы пользователей, создание фокус – групп типичных пользователей. В качестве технологии работы с пользователями предлагается проведение семинаров с пользователями, наблюдение за работой пользователей, изучение отчетов о проблемах работающих систем. В работе [5] рекомендуются следующие технологии работы с пользователями: интервьюирование, сценарии, прототипы, “разъясняющие встречи”, наблюдение. На основе анализа предлагаемых способов выявления требований можно сделать вывод, что основное внимание в процедурах выявления требований уделяется непосредственному общению с представителями стейкхолдеров. Основным недостатком выявления требований на основе непосредственного общения со стейкхолдерами является невозможность вернуться к обсуждаемым вопросам и достижения общего понимания создаваемой системы.

Выявление требований на основе системного подхода

Рассмотрим информационные аспекты выявления требований стейкхолдеров в рамках речевой коммуникации (рис. 3) с учетом тех возможностей, которые дает моделирование.

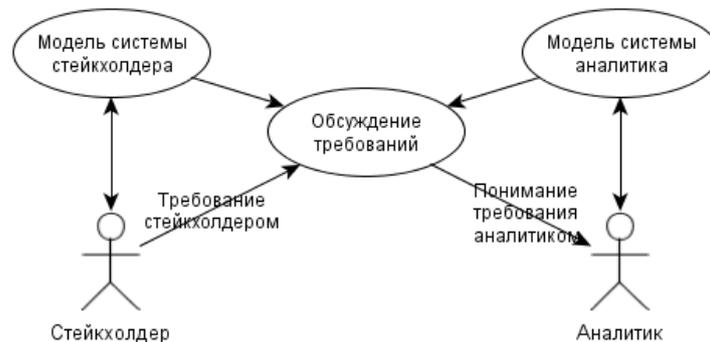


Рис. 3. Коммуникация на основе индивидуальных моделей системы

При обсуждении требований каждый участник коммуникации опирается на свою мыслительную модель системы. Свою мыслительную модель системы имеет аналитик. В этой схеме коммуникации требования стейкхолдера не будут соответствовать пониманию требований аналитиком. Преодолеть разрыв в понимании требований может создание и утверждение общей модели системы (рис.4) в виде наглядного описания.

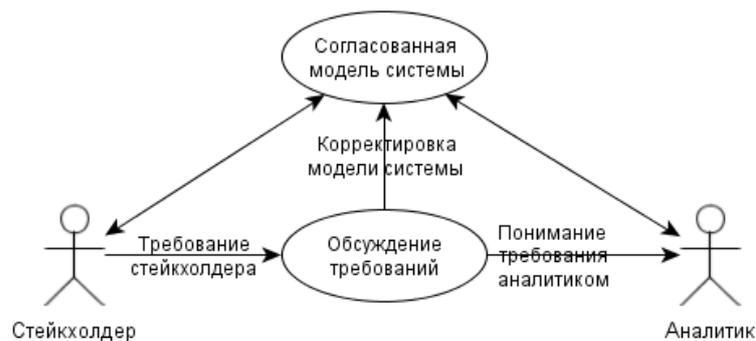


Рис. 4. Коммуникация на основе общей модели системы

Наличие обобщенной, согласованной модели системы значительно облегчает понимание требований, так как коммуникация в этом случае проходит не на уровне «живого» обсуждения требований, недостатком которого является отсутствие возможности зафиксировать результат обсуждения, а переводиться в плоскость аргументированного, основанного на общей модели, детального обсуждения проблем системы и корректировке общей модели по результатам обсуждения. Разработка обобщенной модели системы является первым шагом к достижению согласия к отношению будущей системы, учитывающей требования стейкхолдеров.

В системной инженерии [2] требования стейкхолдеров рассматривается как конкретизация потребностей стейкхолдеров в отношении целевой системы, которая, в свою очередь, инициируется проблемами, существующими в системном окружении целевой системы.

Рассматривая составные части проблемы как проблематику [1], можно каждый элемент проблематики связать с определенным стейкхолдером – его потребностью в его сфере деятельности. Эта потребность может быть удовлетворена разными элементами в системном окружении деятельности стейкхолдера и, в частности, целевой системой. Таким образом, цель разработки согласованной модели системы является отображение системного окружения целевой системы с точностью, обеспечивающей понимание проблем стейкхолдеров их потребностей и требований.

Принципами анализа проблем стейкхолдеров должны стать:

- восстановление модели проблемной ситуации из высказываний стейкхолдера;
- анализ модели проблемной ситуации стейкхолдера и выявления в ней аспектов, вызывающих негативное восприятие проблемной ситуации;
- разработка способов нейтрализации этих негативных аспектов.

Все этапы анализа проблем должны проходить в виде их обсуждений со стейкхолдерами, в ходе которых инженер по требованиям играет роль координатора обсуждения – фасилитатора [5]. На основе этого анализа формируется список способов нейтрализации негативных аспектов деятельности в рамках проблемной ситуации. Совместное обсуждение этого списка позволяет ранжировать эти способы и отсеять те, которые с точки зрения стейкхолдера являются неприемлемыми.

Во всех случаях, когда обсуждается изменения системы, в основе лежит проблемная ситуация, которая разрешается в рамках проекта изменений. Акофф предложил в качестве подхода к устранению проблемной ситуации выработку улучшающего вмешательства [6] – такого решения, которое не ухудшает ситуацию ни для какого стейкхолдера, а для определенных стейкхолдеров ситуация должна улучшиться. Обычно проблемная ситуация рассматривается с двух точек зрения: точки зрения стейкхолдера и с точки зрения аналитика. Аналитик рассматривается тоже как стейкхолдер, который входящего в рабочую группу проекта. Подход системной инженерии требует от аналитика одинакового отношения к требованиям всех стейкхолдеров, что обязывает аналитика не считать его точку зрения единственно правильной.

Важным аспектом в рассмотрении требований к системе является учет общего и индивидуального. Будем считать, что отличие в восприятии проблемной ситуации конкретным исполнителем и стейкхолдером заключается в следующем. Каждый исполнитель имеет свою, индивидуальную, субъективную ментальную карту. Ментальные карты людей, участвующих в общей деятельности, будут достаточно близки и будут иметь общие элементы. Эти общие элементы обусловлены полученным общим образованием, в рамках которого все исполнители учатся общему пониманию деятельности. Эту общую часть ментальных карт исполнителей образует ментальную карту стейкхолдера этой деятельности.

Ментальная карта субъекта служит основой для восприятия проблемной ситуации и построения ее модели. Это позволяет предположить, что соотношение между моделями проблемной ситуации стейкхолдера и конкретного исполнителя будет соответствовать соотношению между их ментальными картами.

Это позволяет сделать вывод, что обобщенная модель проблемной ситуации, полученная на основе ментальной карты стейкхолдера, представляет собой «усредненное» восприятие проблемной ситуации, соответствующее устоявшимся, общепризнанным, культурно - обусловленным представлениям о данном виде деятельности все исполнителей.

Между обобщенной моделью проблемной ситуации и моделью проблемной ситуации конкретного исполнителя будут наблюдаться несоответствия. Возникает вопрос – нужно ли игнорировать несоответствия между этими моделями или в моделях исполнителей может содержаться полезная информация? Ответ очевиден – конечно, может содержаться – существует вероятность, что в индивидуальных моделях проблемной ситуации могут присутствовать полезные элементы, которые целесообразно включить с общую модель проблемной ситуации .

Наилучшим решением будет формирование обобщенной модели проблемной ситуации на основе модели проблемной ситуации стейкхолдера с включением в нее полезных аспектов из моделей проблемной ситуации исполнителей. В соответствии с общим принципом работы со стейкхолдерами – достижения консенсуса, необходимо полезные элементы моделей проблемной ситуации необходимо обсудить и только после получения одобрения такие элементы войдут в согласованную модель системы. После получения согласованной модели системы (проблемной ситуации) можно переходит к анализу требований.

Заключение

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- в основу разработки требований стейкхолдеров необходимо положить принцип моделирования, который обеспечивает возможность обсуждения этих моделей всеми заинтересованными сторонами и достижения согласия по принятию или корректировке требований;
- базой моделей требований является модель существующей системы «как есть»;
- требования стейкхолдеров формулируется исключительно на согласованной модели существующей системы в виде утверждений, основанных на функциях модели существующей системы;
- требования исполнителей формулируются как дополнение к требованиям стейкхолдеров;
- анализ дополнений к требованиям стейкхолдеров проводится путем обсуждения их командой проекта с заинтересованными сторонами.

Список литературы

1. *Перегудов Ф.И.* Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко – М. Высш. шк., 1989. – 367 с.
2. *Левенчук А.И.* Системное мышление / А.И. Левенчук. – Бостон-Ульдинген-Киев: Толиман, 2018. – 396 с.
3. *Марка, Д.А.* Методология структурного анализа и проектирования / Д.А. Марка, К. МакГоуэн.– М.: МетаТехнология, 1993.
4. *Вигерс Карл.* Разработка требований к программному обеспечению
5. *Кейнер С.* Руководство фасилитатора. Как привести группу к принятию совместного решения / Сэм Кейнер, Ленни Линд, Кэтрин Толди, Сара Фиск, Дуэйн Бергер. М.: Издательство Дмитрия Лазарева, 2013. – 354 с.
6. *Акофф Р.* Акофф о менеджменте — Санкт-Петербург, Питер, 2002. - 448 с.

05.13.01

¹Ф.А. Ковалев, ²В.В. Малышев д-р техн. наук¹Компания ОАО «Центр Наукоемких Технологий»,
Москва, f9060341129@gmail.com,²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Системный анализ и управление»,
veniaminmalyshev@mail.ru

АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОСТРОЕНИЮ НАЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО СКАНЕРА

В работе рассматривается анализ и обоснование требований к построению наземной обработки данных самолетного сканера с учетом различного типа возмущений. Также стоит задача сравнения съемки самолетной и спутниковой системы с тем, чтобы обосновать принцип построения наземного комплекса обработки данных самолетной системы ДЗЗ. Итог сравнения обработки самолетной съемки и спутниковой системы ДЗЗ будет представлен в виде таблицы и схемы комплекса наземной обработки данных.

Ключевые слова: *дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), геологическое исследование, съемка изображения, карта, схема, искажение.*

Введение

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются эффективным инструментом, позволяющим оперативно и детально исследовать состояние окружающей среды, использование природных ресурсов и получать объективную картину мира. Съемка может осуществляться двумя типами наблюдения: космическими и самолетными.

В данной работе стоит задача их сравнения с тем, чтобы обосновать принцип построения наземного комплекса обработки данных самолетной системы ДЗЗ. Самолетный сканер позволяет проводить съемку подстилающей поверхности для поиска залежей углеводорода (УВ). Благодаря возможности снимать изображение с высоты порядка 6-7 м, можно получать изображение высокого разрешения в отличии от Космической системы. Съемка осуществляется сканером Eagle. Полученные изображения подвергаются первичной и тематической обработке. [9],[10].

Самолетная система ДЗЗ оснащается сканером и цифровым фотоаппаратом, которые имеют совмещенные поля зрения. Фотоаппарат обладает более узкой полосой обзора и позволяет формировать цветные кадры с пространственным разрешением, в 20-30 раз превосходящим разрешение сканерного изображения. Съемка земной поверхности выполняется одновременно сканером и цифровым фотоаппаратом. В служебную часть строки сканерного изображения заносятся данные о пространственном положении самолета, поступающие от GPS-приемника, а также данные о текущих углах крена и тангажа рис. 1 [20],[21].

Принцип воздушной съемки наземных объектов при помощи сканера проиллюстрирован на рис.1 [1].

Космические аппараты также позволяют получать изображения высокого пространственного разрешения. Космические аппараты в зависимости от наклона оптической оси позволяют получать плановые и перспективные снимки земной поверхности. (Рис.1)

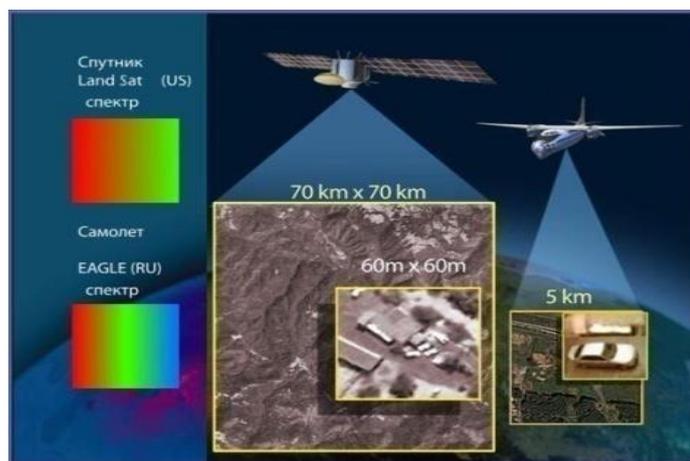


Рис. 1 - Наблюдение земной поверхности может осуществляться спутниковой и самолетной съемкой

К спутниковой съемке можно отнести Ресурс-П, Канопус, Pleiades, Rapid eye [2], [3].

Спутник Ресурс-П - имеет возможности объектовой и маршрутной съёмки. Возможна съемка маршрутов протяжённостью до 115 км, съёмка площадок до 100x300 км, пространственное разрешение 0,7 м.

Координатная привязка снимков имеет среднеквадратическую ошибку не более 10-15 м [4].

Канопус - спутник с полосой захвата 20-23 км с пространственным разрешением 2,1; 10,5 м.

Pleiades – французский спутник, высота орбиты 705 км, разрешение изображения 0,7 м [3].

Rapid eye – группировка спутников, высота орбиты 630 км, пространственное разрешение 6,5 м [2].

Основная задача, которую выполняет наземный комплекс - это прием и обработка информации на базе Наземного центра оперативного мониторинга Земли на базе Роскосмоса. [5].

Рассмотрим более подробно принцип получения изображения.

Сравнительный анализ материалов спутниковой и самолетной съемки

Получение данных с самолетного сканера

Для съемки лицензионных участков используется одноэлементный многозональный сканер, формирующий изображение земной поверхности в шести спектральных диапазонах (рис.3). Сканер устанавливается на самолет, который последовательно облетает анализируемый участок местности и формирует набор перекрывающихся маршрутов съемки рис.4.



Рис. 2 - изображение сканера EAGLE, устанавливаемого на самолет



Рис. 3 - Рисунок самолета Ан-30 на который устанавливается сканер

Для геодезической привязки получаемых изображений сканер сопряжен с приемником GPS и аппаратурой определения углового положения – “Компонавт”. Информация от этих приборов заносится в служебную часть строки видеоданных.

Сканер имеет линейную по углу развёртку с углом обзора 70° и обеспечивает съёмку подстилающей поверхности в шести спектральных диапазонах: 0,43 – 0,46 мкм; 0,5 – 0,59 мкм; 0,6 – 0,68 мкм; 0,7 – 0,8 мкм; 1,5 – 2,5 мкм; 8,0 – 12,5 мкм. Число элементов в каждом спектральном канале – 1000 при радиометрическом разрешении 8 бит на пиксел. Изображения, формируемые в 6-м спектральном канале, откалиброваны, что позволяет измерять температуру подстилающей поверхности. [11],[12]

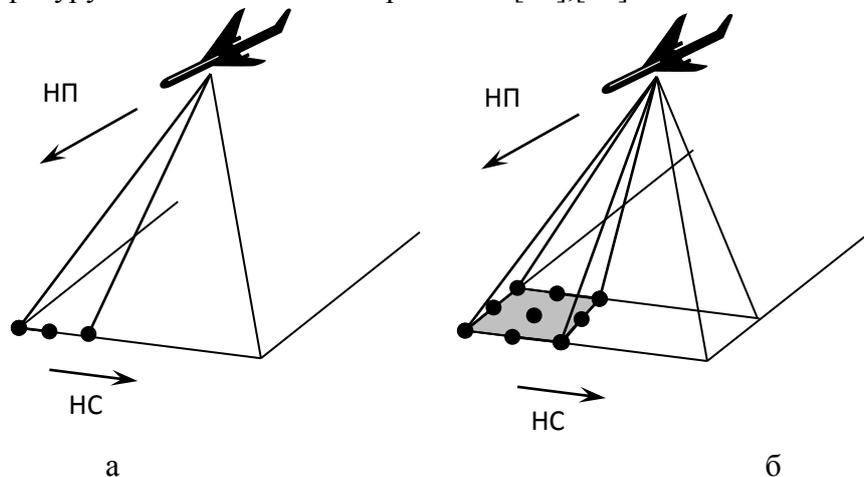


Рис. 4 - Схемы самолётной сканерной съёмки: а – однолучевая, б – скановая съёмка (НП – направление полёта, НС – направление сканирования)

Съёмку обследуемой территории выполняют одновременно перекрывающимися маршрутами (рис.5) с высоты 6-7 км с тем, чтобы пространственное разрешение изображений находилось в пределах 7-10 м, при этом хотя бы один из маршрутов должен захватить опорную территорию, подтверждающую наличие залежей УВ. [5], [6].

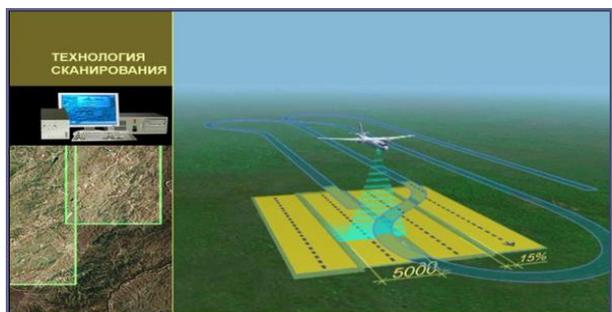


Рис. 5 - Схема воздушной съёмки наземных объектов



Рис. 6 - Передача данных съёмки на считывающее устройство

После проведения съёмки данные записываются на носитель и передаются на считывающее устройство (компьютер). Данные подвергаются дальнейшей обработке. Схема бортового компьютера со съёмочным устройством представлена на рис. 6.

Во время съёмки изображения, формирующегося сканером, могут проявляться различного типа искажения [7]:

а) Радиометрическое искажение

Пример радиометрического изображения земной поверхности с "полосатостью" показан на рис.7

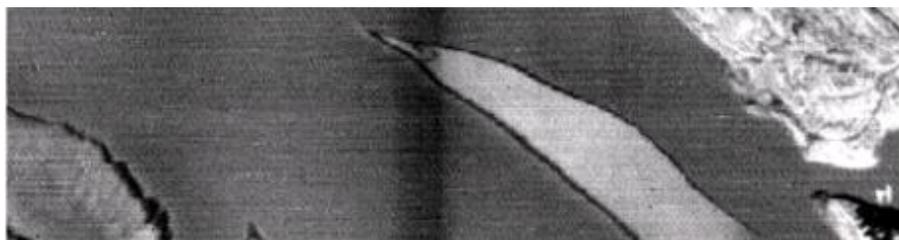


Рис.7 - Радиометрическое искажение в виде вертикальной "полосатости" на ИК-снимке

Радиометрическая коррекция - исправление на этапе предварительной подготовки снимков аппаратных радиометрических искажений, обусловленных характеристиками используемого съемочного прибора. Для сканерных съемочных приборов такие дефекты наблюдаются визуально как модуляция изображения (полосы) в направлениях параллельно или перпендикулярно оси изображения. При радиометрической коррекции также удаляются дефекты изображения, наблюдаемые как сбойные пиксели изображения или выпадающие строки. Во время съемки может возникнуть искажение в виде черной полосы рис. 7;

б) Геометрическое искажение

Геометрическими искажениями изображения называются различия между координатами и размерами реального изображения и идеального, которое может быть теоретически получено с помощью идеального сенсора в идеальных условиях работы. Причиной искажений может быть кривизна поверхности Земли, неровности рельефа, особенности движения летательного аппарата (ЛА). Пример исходного и откорректированного изображения представлен на рис. 8;

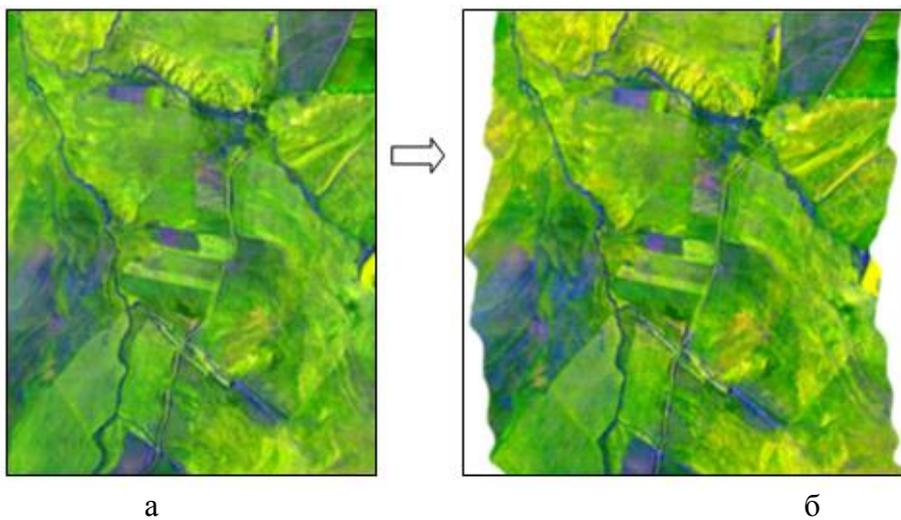


Рис. 8 - Пример геометрической коррекции сканерного снимка:

а - исходное изображение; б – скорректированный снимок в проекции Меркатора

с) Контрастирование изображений

Контраст изображения - это разность между максимальным и минимальным значениями яркости. Рис.9.



Рис.9 Пример коррекции средней яркости на изображениях в видимых каналов

Проблема заключается в том, что при перенесении данных со сканера, с размерностью 10 бит/пиксель на считывающее устройство (компьютер) с размерностью 8 бит/пиксель присутствует существенная разница. Следовательно, при обработке данных часть пикселей примут другое значение яркости. Есть несколько вариантов повышения контраста путем цифровой обработки:

1) Линейное растягивание гистограммы. Всем значениям яркости присваиваются новые значения с целью охватить весь возможный интервал изменения яркости. Рис.10

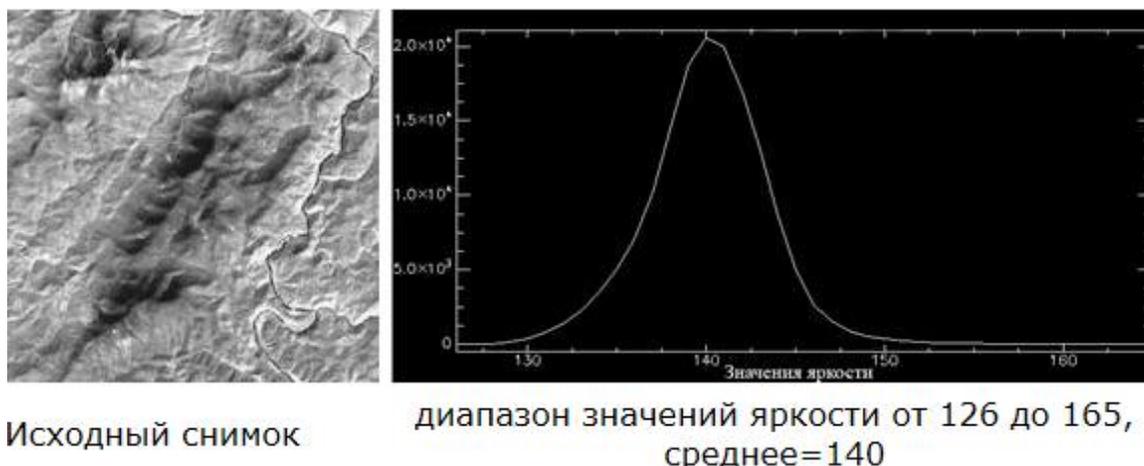


Рис.10 Интервал изменения яркости

2) Нормализация гистограммы. На весь возможный интервал изменения яркости растягивается не вся гистограмма, а ее наиболее интенсивный участок.

3) Выравнивание гистограммы. В процессе выравнивания происходит изменение значений яркости пикселей таким образом, чтобы для каждого уровня яркости было одинаковое или близкое количество пикселей. [7]

При обработке данных с самолетного сканера необходимо решить три задачи: радиометрическое искажение, геометрическое искажение, контраст изображения.

Получение данных со спутниковой съемки

Проанализируем данные со спутникового изображения с научной точки зрения. Одной из основных характеристик спутникового снимка является его пространственное разрешение. Оно выражается в размере самых мелких объектов, различимых на изображении. В космических аппаратах съемка изображений формируется матрицами. Изображение состоит из отдельных цветных точек – пикселей. Чем меньше метров на местности укладывается в один пиксель, тем выше разрешение и тем более детальное изображение на снимке можно получить. [13],[15],[16],[17],[18],[19].

Однако у съемки со спутника есть свои недостатки. Основным недостатком спутниковых снимков является глобальность охвата. Практически невозможно получить спутниковый снимок в видимом диапазоне спектра на обширный участок местности без того, чтобы какая-то часть изображения была без дефектов (покрыта облаками). Также существуют районы с высокой облачностью, например, горные вершины, покрытые облаками большую часть времени года. Решением этой проблемы является составление нужного мозаичного снимка из фрагментов других снимков, сделанных в разное время, на которых тот или иной участок местности не покрыт облачностью, или же съемка в другом диапазоне спектра, для которого облака - прозрачны. [8].

Съемка происходит на высоте 500-700 км.

Космические аппараты в зависимости от наклона оптической оси позволяют получать плановые и перспективные снимки земной поверхности. Также результаты спутниковой фотосъемки могут быть скомбинированы с уже готовыми векторными или растровыми изображениями в геоинформационной системе при условии, что на снимках устранены искажения съемки.

Сравнение обработки данных с Самолетной съемки и Спутниковой системы ДЗЗ представлено в табл. 1

Табл. 1 Сравнение самолетной съемки и спутниковой системы ДЗЗ

	Самолетная съемка	Спутниковая система ДЗЗ	Обработка
1) Геометрическая коррекция	с учетом особенностей самолетной съемки	присутствует	Одинаковая
2) Импульсные помехи	с учетом особенностей съемки	отсутствует	Одинаковая
3) Формат изображения	arg, bmp, esd, jpg, tiff	Geotiff, jpg	
4) Радиометрическая коррекция	удаление дефектов изображения, наблюдаемых как сбойные пиксели изображения или выпадающие строки	присутствует	Одинаковая
5) Контрастирование	коррекция средней яркости на изображениях в видимых каналах	присутствует	Одинаковая
6) Комплексная визуализация	присутствует	присутствует	Одинаковая
7) Алгебраическая обработка	присутствует	отсутствует	Одинаковая



Рис. 11 Схема комплекса наземной обработки

Выводы

В ходе сравнительного анализа самолётной и спутниковой съемки можно сказать, что искажения, присутствующие в самолетной съемке могут отсутствовать в спутниковой.

Для съемки со спутника и с самолёта процедуры: контрастирование, радиометрическая и геометрическая коррекция изображения являются общими и осуществляются по схожим алгоритмам, для материалов, полученных со спутника процедуры: восстановление пропущенных пикселей, контрастирование, фильтрация дополнительные, что вносит дополнительные изменения в снимок. Процесс первичной обработки это в любом случае изменение параметров исходного снимка.

Список литературы

1. Ковалев Ф.А. Комплекс обработки авиационных изображений земной поверхности для картографирования углеводородных аномалий // Научный деловой журнал "Neftegaz.RU" 2018. С. 52...55.
2. Захаров М.А. Исследование условий измерения вращательных и нестационарных производных бокового движения летательных аппаратов // Труды МАИ. – М., 2004. – № 15.
3. Захаров М.А. Анализ методики измерения комплексов аэродинамических производных в условиях требуемых углов атаки и скольжения // Труды МАИ. – М., 2004. – № 17.
4. Захаров М.А. Выбор параметров динамических составляющих аэродинамических характеристик для моделирования продольного движения самолетов на больших углах атаки // Труды МАИ. – М., 2005. – № 20.
5. Ковалев Ф.А. Влияние типа данных дистанционного зондирования земли на прогнозирование залежей углеводорода // Научный журнал "Авиакосмическое приборостроение" 2019. С. 9...13.
6. Кузнецов А.Е., Новоселов В.Г. Получение непрерывных изображений из отдельно взятых кадров // ЭВМ и информационные технологии: Межвуз. сб. науч. тр. Рязань: РГРТА, 1998. С. 54...58.
7. Тишков В.В., Фирсанов В.В. Расчетный метод для прогнозирования безопасности авиационных объектов при внештатных ситуациях // Труды МАИ. – М., 2007. – № 26.
8. Дорогов А.В. Особенности расчёта массовых характеристик фюзеляжа беспилотного транспортного самолёта вертикального взлёта и посадки // Труды МАИ. – М., 2008. – № 31.
9. Лебедев А.А. Введение в анализ и синтез систем // Москва Издательство МАИ, 2001.
10. Малышев В.В. Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления // Москва Издательство МАИ-ПРИНТ, 2010.
11. Чистяков В.А. Система мониторинга угловых координат источников радиоизлучения для космических аппаратов спутниковой связи // Труды МАИ. 2019. № 109.
12. Карелин А.В., Скрипачев В.О., Туманов М.В., Жуков А.О. Методика формирования состава бортовой научной аппаратуры малых космических аппаратов для мониторинга радиоактивного загрязнения Земли // Труды МАИ. 2018. № 103.
13. Малышев В.В. Проблема оптимизации построения орбитальных группировок космических систем наблюдения и связи на основе оперативного планирования их целевого функционирования и ее формализация [Текст] / В.В. Дарных // Вестник московского авиационного института. – Москва, 2013. – Т. 20; № 3. – С. 50–60.
14. Малышев В.В. Методика разработки программно-моделирующего комплекса для отработки средств проведения динамических операций космических аппаратов [Текст] / А.В. Старков, А.В. Федоров // Труды МАИ. – М., 2012. – № 57.
15. Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов [Текст] / В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. - М. : Машиностроение, 1989. - 311 с. : ил. - Библиогр.: с. 306-310 (112 назв.). - ISBN 5-217-00591-2 : Б. ц.
16. Ковалев Ф.А. Эффективность работы алгоритма прогнозирования залежей углеводородов в зависимости от различных типов данных дистанционного зондирования земли // 18-ая Международная конференция "Авиация и космонавтика" МАИ, сборник тезисов стр. 138, 443, ноябрь 2019.
17. Ковалев Ф.А. Поиск оптимального алгоритма тематической обработки при низкочастотной фильтрации данных одноэлементного самолетного сканера // 23 Международная научная конференция «Системный анализ, управление и навигация» Крым, Евпатория, тезисы в журнале: секция "анализ и синтез систем" стр.11 пункт 3.27, июль 2018.
18. Малышев В.В., Дарных В.В. Оперативное планирование целевого функционирования космических систем наблюдения // Москва Издательство МАИ, 2017.

05.13.01

П.С. Кулясов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Институт Радиоэлектроники и Информационных Технологий,
Кафедра «Вычислительные системы и технологии»,
Нижний Новгород, p.kulyasov@gmail.com

ГЕНЕРАЦИЯ ИНДЕКСНЫХ СТРУКТУР НА БАЗЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ РЕШЕТОК И ИХ ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

В работе представлен алгоритм генерации индексных структур на базе алгебраических решеток, описывающих и систематизирующих операции над интерфейсами ("интеграция", "сопряжение" и "фильтрация"). Сами структуры позволяют осуществлять быстрый поиск нужных интерфейсов и компонентов системы. Предлагается способ онтологического представления индексных структур, позволяющий их использовать в системах на основе Semantic Web.

Ключевые слова: *индекс, компонент, интерфейс, алгебраическая решетка, онтология.*

Количество информации, генерируемой человечеством, быстро растет. Классическим инструментом для работы с большими объемами информации являются структурированные базы данных. Существует три основных модели хранения данных: 1. Иерархическая. 2. Сетевая. 3. Реляционная модель [1].

Для реализации в СУБД таких функций как автоматическая сортировка записей и повышение скорости операций поиска в таблице применяют индексирование. Индекс - вспомогательная структура данных, позволяющая СУБД быстрее обнаружить отдельные записи в файле и сократить время выполнения запросов пользователей за счет избегания проведения последовательного просмотра файла в поисках нужных данных. Применяется несколько типов индексов: 1. Первичный индекс. 2. Индекс кластеризации. 3. Вторичный индекс [1].

В настоящее время одна из наиболее острых проблем в сфере информационных технологий заключается в необходимости обеспечения взаимодействия разнородных элементов (систем) при формировании гетерогенной информационно-коммуникационной среды, получившая название «проблемы интероперабельности» [2]. Для ее решения применяют методы, основанные на принципах открытых информационных систем (ОИС). В теории ОИС в качестве их базовых элементов принято использовать компоненты, представляющие собой блоки-преобразователи информации, обладающие входными и выходными интерфейсами, которые должны быть стандартизированы и поддерживаться системой спецификаций [3].

В общем случае число компонентов системы может быть настолько большим, что построение индексных структур вручную не представляется возможным, в связи с чем можно сделать вывод об актуальности задачи их автоматической генерации. Предлагается алгоритм генерации трехмерной структуры индексирования интерфейсов на базе алгебраических решеток [4], описывающей и систематизирующей операции над интерфейсами («интеграция», «сопряжение» и «фильтрация»).

Алгоритм генерации индексных структур на базе алгебраических решеток

На шагах 1-3 происходит формирование базы интерфейсов, которая используется для построения индексной структуры.

Шаг 1. Присваиваем каждому интерфейсу уникальный номер-идентификатор (рис. 1, а).

Шаг 2. Перебираем по очереди все интерфейсы системы. Присваиваем атрибуты «составной», «вложенный», «фильтрующий/фильтруемый» соответствующим интерфейсам.

Шаг 3. Формируем базу интерфейсов системы. Для каждого интерфейса храним следующие данные:

- его номер;
- тип (*in/out*);
- перечень интерфейсов, с которыми он может быть сопряжен;
- атрибут «фильтрующий/фильтруемый» (если является таковым);
- атрибут «составной» (если является таковым);
- атрибут «вложенный» (если является таковым);
- список вложенных интерфейсов (если он составной);
- номер составного интерфейса, в который он вложен (для вложенных).

Поскольку все компоненты системы сопряжены посредством интерфейсов, структура, отображающая операцию сопряжения интерфейсов, будет содержать все интерфейсы (кроме вложенных) всех компонентов, в связи с чем с нее целесообразно начинать построение трехмерной индексной структуры.

На шагах 4-7 происходит формирование структуры сопряжения интерфейсов. Она будет иметь вид невзвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют интерфейсам, а ребра будут показывать их сопряжение. Данная структура будет иметь вид алгебраической решетки [4].

Шаг 4. Находим в базе интерфейс, обладающий одновременно атрибутами «составной» и «фильтрующий». С него начинаем строить решетку сопряжения интерфейсов (нижняя граница решетки) - интерфейс i_1 в рассматриваемом примере (рис. 1, б).

Шаг 5. Из базы извлекаем список интерфейсов, которые с ним сопрягаются. Проводим из вершины графа, определенной на шаге 4, ребра к вершинам, которым они соответствуют (рис. 1, б).

Шаг 6. Для каждого из добавленного на предыдущем шаге интерфейса в цикле повторяем шаг 5 (рис. 1, б) до тех пор, пока не будут выбраны все интерфейсы, не имеющие атрибута «вложенный».

Шаг 7. Вводим вершину - верхнюю границу решетки I и проводим в нее ребра из всех вершин, из которых нет исходящих ребер (рис. 1, б).

На шагах 8-10 происходит формирование структуры вложенности интерфейсов. Она будет иметь вид невзвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют интерфейсам, а ребра будут показывать их вложенность. Данная структура будет иметь вид алгебраической решетки [4].

Шаг 8. В вершины, которые соответствуют интерфейсам, обладающим атрибутом «составной» проводим ребра и строим на них вершины, соответствующие вложенным в них интерфейсам (рис. 1, в).

Шаг 9. Повторяем шаг 8 в цикле до тех пор, пока не будут рассмотрены все интерфейсы, имеющие атрибута «составной» (рис. 1, в).

Шаг 10. Вводим вершину - нижнюю границу решетки O и проводим из нее ребра во все вершин, в которые нет входящих ребер (рис. 1, в).

На шагах 11-13 происходит формирование структуры фильтрации интерфейсов. Она будет иметь вид невзвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют интерфейсам, а ребра будут показывать сопряжение с фильтруемыми интерфейсами. Данная структура будет иметь вид алгебраической решетки [4].

Шаг 11. Из вершин, которые соответствуют интерфейсам, обладающим атрибутом «фильтрующий», проводим ребра и откладываем на них вершины, соответствующие интерфейсам, обладающим атрибутом «фильтруемый», и связанные с соответствующими фильтрующими интерфейсами (рис. 1, г).

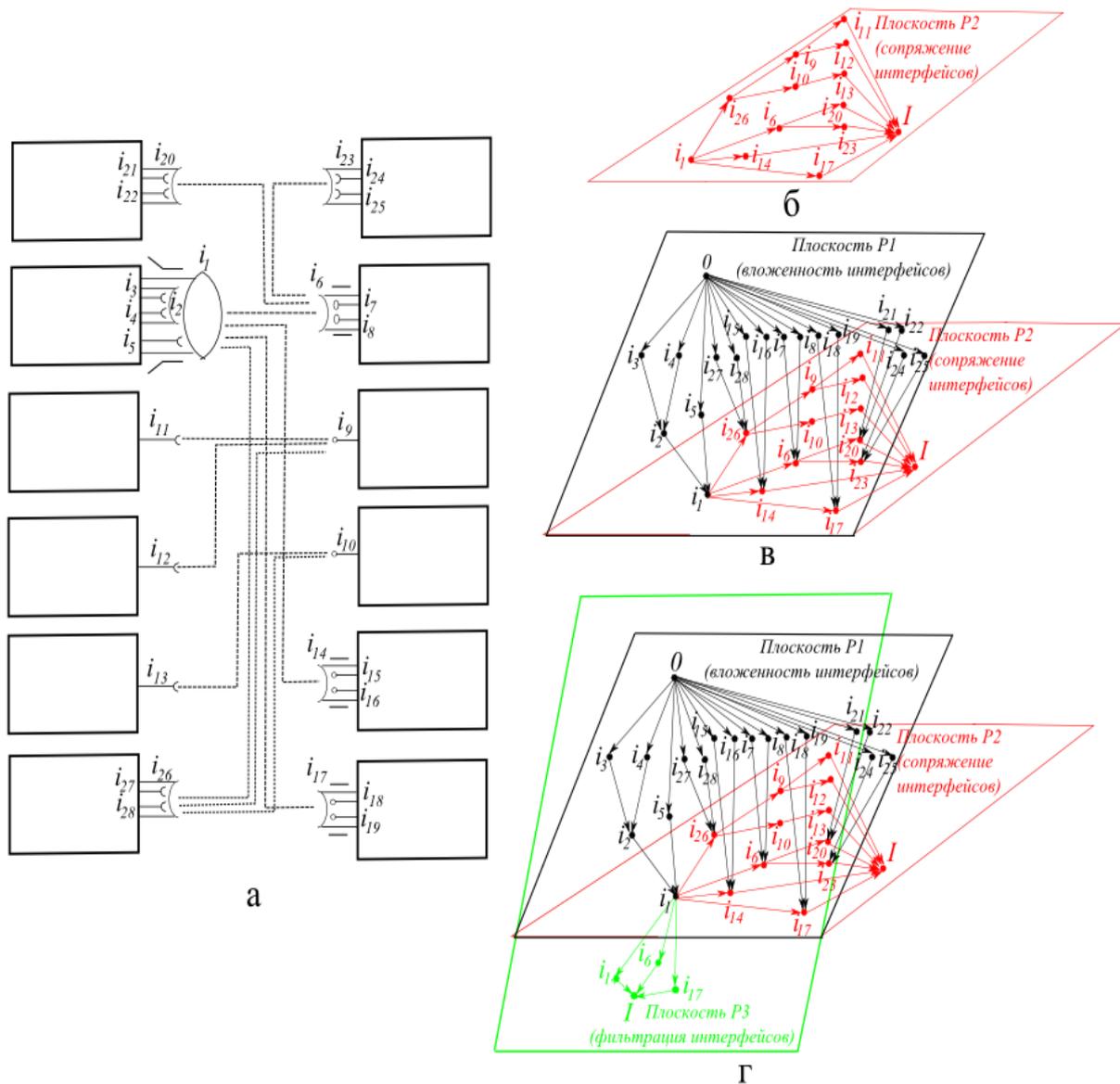


Рис. 1– Генерация индексной структуры

Шаг 12. Повторяем шаг 11 в цикле до тех пор, пока не будут рассмотрены все интерфейсы, имеющие атрибута «фильтрующий».

Шаг 13. Вводим вершину - верхнюю границу решетки I и проводим в нее ребра из всех вершин, из которых нет исходящих ребер (рис. 1, г).

Полученная структура может быть использована в качестве поискового индекса, назначение которого заключается в повышении скорости поиска нужных компонентов для сборки и реконфигурирования целевой системы.

Онтологическое представление индексных структур на базе алгебраических решеток

В [3] описан обобщенный метод синтеза интероперабельных структур, в котором элементы ОИС и связи между ними представлены в виде концептуальных каркасов онтологий. Однако представленные каркасы не содержат описания и формализации индексных структур. Рассмотрим представление индексных структур на базе алгебраических решеток в виде онтологий.

Шаг 1. Внутри системы выделяем блоки элементарных преобразователей данных.

Шаг 2. Для каждого блока определить точки доступа и связанные с ними свойства.

Шаг 3. Для каждого свойства определить домен - область допустимых значений.

Шаг 4. Связать со свойствами стандартизированные параметры спецификаций, а с доменами - домены спецификаций [5].

Шаг 5. Пары доменов свойств, определяющиеся общим доменом спецификации, через связанную с которым точку доступа существует канал обмена данными между двумя и более блоками, отобразить на интерфейсы.

Шаг 6. Для каждого из блоков, у которого хотя бы один домен был преобразован в интерфейс, сгенерировать объект-компонент.

Шаг 7. Выполнить сопряжение между компонентами на основании связывающих их интерфейсов.

Основные концепты, роли, аксиомы формирования интерфейсов и компонентов на основе стандартизированных блоков и их свойств описаны в [5]. Аксиомы сопряжения компонентов будут иметь следующий вид:

а) Сопряжение компонентов посредством одного интерфейса

$$in(c_i, itr_f) \cap out(c_j, itr_f) \rightarrow compatible(c_i, c_j)$$

б) Сопряжение компонентов посредством двух интерфейсов

$$\left. \begin{array}{l} in(c_i, itr_{f_1}) \cap out(c_j, itr_{f_1}) \\ in(c_i, itr_{f_2}) \cap out(c_j, itr_{f_2}) \end{array} \right\} \rightarrow compatible(c_i, c_j)$$

Шаг 8. После того, как определены компоненты системы, формируем набор всех интерфейсов (рис.2).

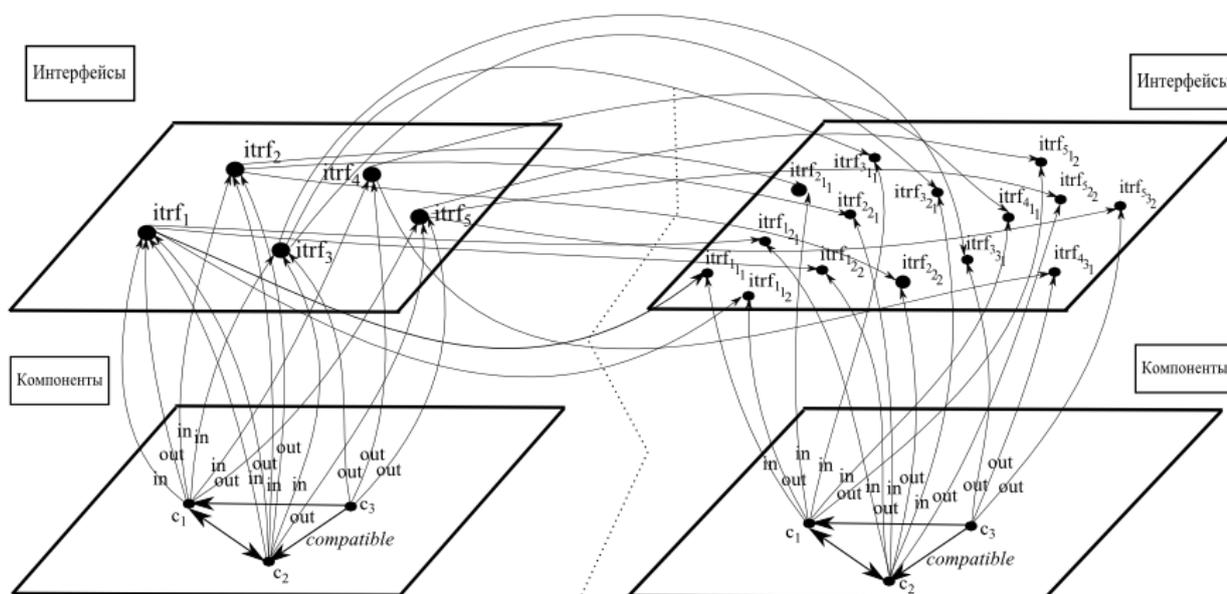


Рис. 2– Формирование набора интерфейсов

Шаг 9. Для компонентов, сопрягаемых посредством двух и более интерфейсов вводятся новые составные интерфейсы (выполняется операция интеграции интерфейсов) (рис. 3). В [4] обосновывается отношение частичного порядка на множестве интерфейсов и представление операции интеграции интерфейсов в виде алгебраической решетки.

$$\left. \begin{array}{l} in(c_i, itr_{f_{i_1}}) \cap out(c_j, itr_{f_{j_1}}) \\ in(c_i, itr_{f_{i_2}}) \cap out(c_j, itr_{f_{j_2}}) \end{array} \right\} \rightarrow in(c_i, itr_{f_i}) \cap out(c_j, itr_{f_j}) \rightarrow compatible(c_i, c_j)$$

Шаг 10. Строится структура сопряжения интерфейсов (рис. 4). В [4] обосновывается отношение частичного порядка на множестве интерфейсов и представление операции сопряжения интерфейсов в виде алгебраической решетки.

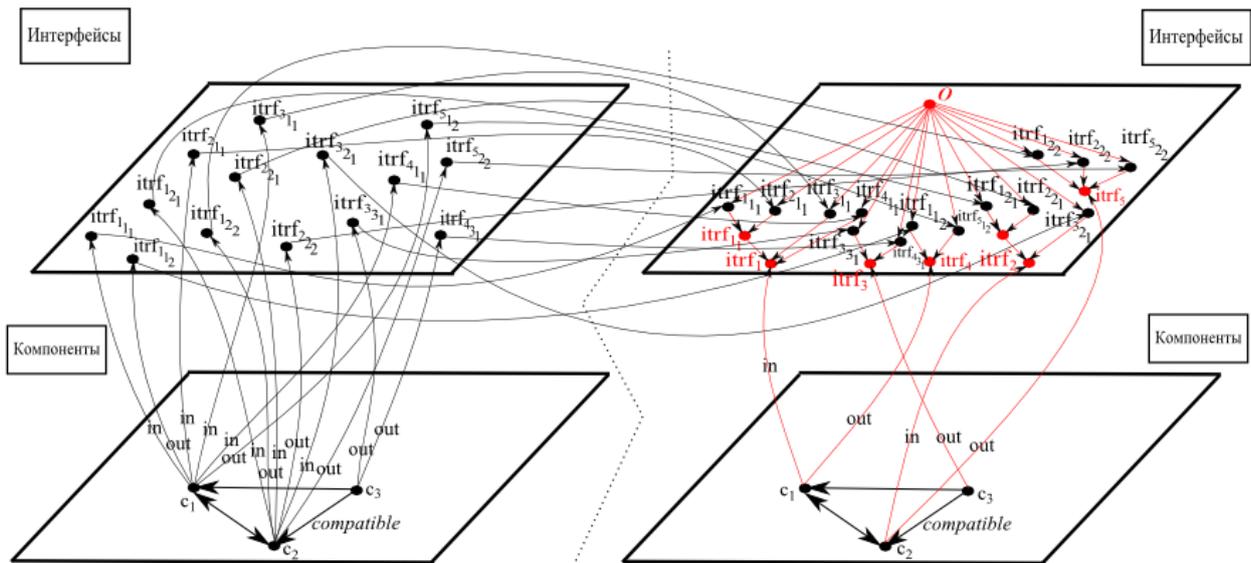


Рис. 3– Интеграция интерфейсов

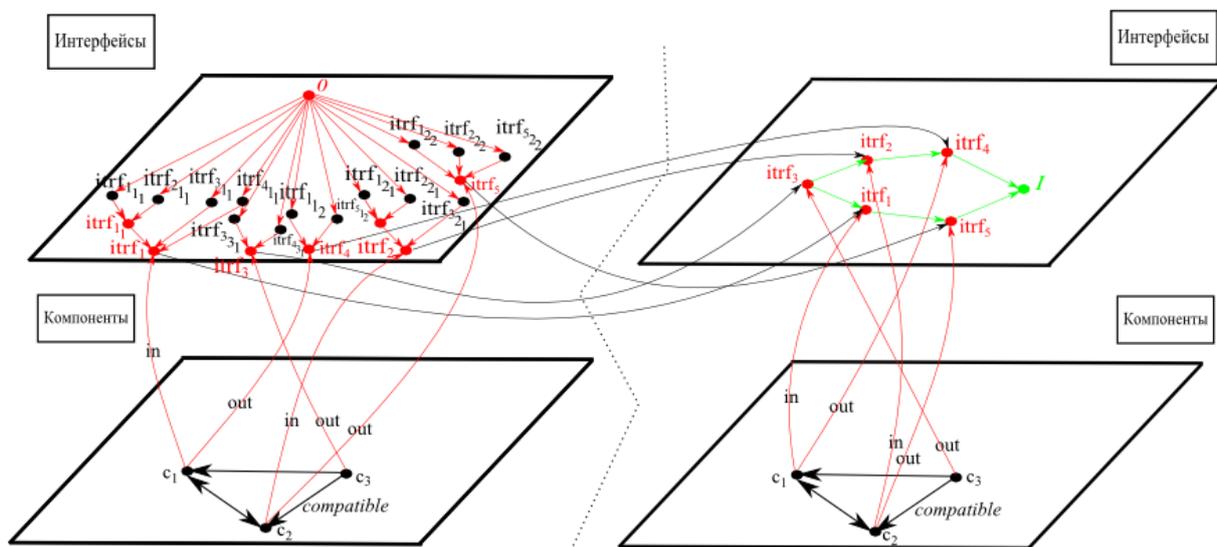


Рис. 4– Сопряжение интерфейсов

Заключение

В работе представлен алгоритм генерации индексных структур интерфейсов многокомпонентных систем на базе алгебраических решеток и их представление в виде онтологий.

Список литературы

1. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. 8-е издание. М.: Вильямс, 2006. – 1328 с.
2. Гуляев Ю.В., Журавлев Е.Е., Олейников А.Я. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор // Журнал радиоэлектроники. – №3 – 2012 – 40 с.
3. Жевнерчук Д.В. Обобщенный метод синтеза многокомпонентных интероперабельных структур на основе онтологии и недетерминированного конечного автомата // Информационные технологии. – №2 – том 25 – 2019 – С. 67-74.
4. Биркгоф Г. Теория решеток. М.: Наука, 1984. – 284 с.
5. Кулясов П.С. Обобщенный алгоритм компонентной сборки образовательных программ высшего образования // Научно-технический вестник Поволжья – Казань: Рашин Сайнс, 2019. – №11 – С. 24-27.

05.13.01

А.В. Шавлов канд. техн. наук, В.С. Анацкий, В.А. Астапенко канд. воен. наук

Филиал «Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» в г. Челябинске,
кафедра теории и методики управления авиацией,
Челябинск, shavlov69@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРИ ВЫРАБОТКЕ РЕШЕНИЯ

В статье рассмотрен состав выходной информации автоматизированной системы диагностирования сложных технических систем. Данная работа раскрывает две задачи оптимального синтеза информационной модели: распределение оптимального синтеза информационных элементов в информационной модели и определение периодичности выдачи выходной информации. Дана количественная оценка сложности информационной модели выходной информации, введен показатель эффективности в универсальной форме. В настоящей работе решаются вопросы оптимального синтеза информационной модели выходной информации, анализируется общее время переработки информации и принятия решений, подбирается наиболее эффективный вариант решения. Наряду с вышесказанным, в статье дана оценка влияния характеристик пользователей и структурно-объемных характеристик информационной модели на общее время переработки информации и принятия решений.

Ключевые слова: информационная модель, сложные технические системы, техническое состояние, диагностические параметры, принятие решения, оптимальный синтез информационной модели, характеристики выходной информации, моделирование сложных систем, определение периодичности выдачи информации, автоматизированная система управления.

Введение

Рассмотрим обобщенную модель системы (рис 1). Процесс принятия диагностических решений и выработки воздействий на объект в автоматизированных системах управления техническим состоянием (диагностирования) основан на анализе оператором-технологом технической системой выходной информации системы, выдаваемой в виде информационной модели M на устройство отображения информации [1,2,6]. Для характеристики функционирования системы во времени на фиксированном интервале $0 \leq t \leq T$ введем упорядоченное множество моментов времени, разделяющих восприятие и анализ оператором технологом отдельных реализаций (экземпляров) информационной модели:

$$t < t_1 < t_2 < t_j < t_L (t_0 = 0, t_L = T)$$

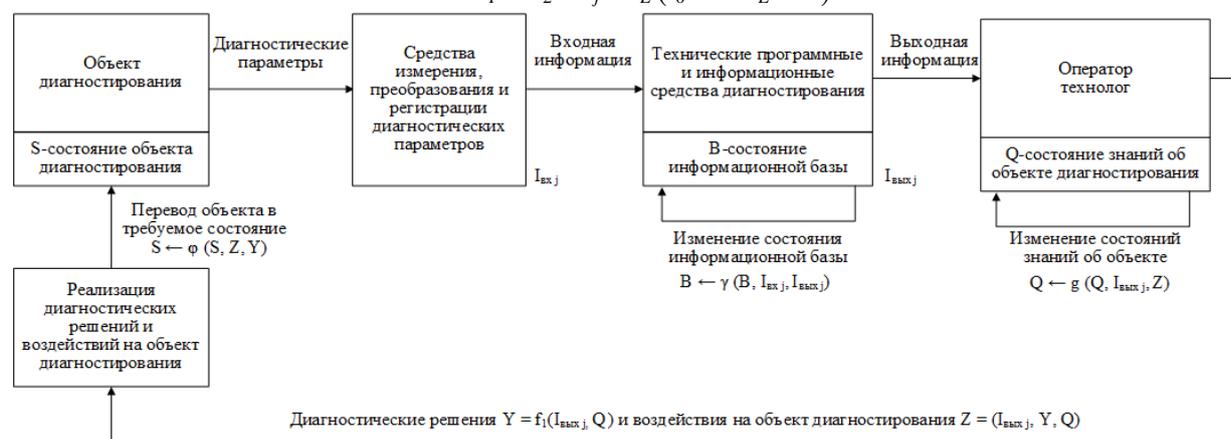


Рис. 1. Обобщенная модель взаимодействия человека-фактора и машинной системы диагностирования

Протяженность восприятия и анализа j -й реализации информационной системы M_j

$$\Delta t_j = t_j - t_{j-1} (j = \overline{1, L})$$

На j -м такте функционирования системы информации об объекте диагностирования, находящемся в состоянии S , в виде значений контролируемых параметров направляется группой средств измерения, преобразования, регистрации и ввода данных для обработки в компьютерную систему. Технические средства, программное обеспечение и информационная база диагностирования, находящаяся в состоянии B , используются для обработки информации $I_{вхj}$, формирования выходной информации $I_{выхj}$, представления её в виде информационной модели M_j оператору технологу на устройство отображения информации. Изменяется состояние информационной базы $B \rightarrow (I_{вхj}, I_{выхj}, B)$. Информационная модель M_j анализируется оператором технологом с учетом знаний об объекте (Q – состояние) вырабатываются диагностические решения $Y = f_1(I_{выхj}, Q)$ и воздействия на объект $Z = f_2(I_{выхj}, Y, Q)$, изменяется состояние $Q \leftarrow g(I_{выхj}, Q, Z)$. Реализация принятых решений и воздействий приводит к изменению состояния объекта $S \leftarrow \varphi(S, Z)$ в результате достигается эффект $C(Z)$. Правильность и эффективность решений и воздействий Z определяется на $j+1$ такте в процессе анализа информационной системы M_{j+1} . Система должна функционировать так, чтобы эффективность была максимальной:

$$C = \sum_{\forall Z} P(Z)C(Z) \rightarrow \max$$

где $P(Z)$ – вероятность выработки и реализации диагностического решения и воздействия Z .

1. Постановка задачи

Рассмотрим две задачи оптимального синтеза информационной модели [3,4,11]:

1. Распределение оптимального синтеза информационных элементов в информационной модели;

2. Определение периодичности выдачи выходной информации.

Пусть E – множество типов информационных элементов, которые должны появиться в выходной информации в результате диагностирования $e_i \in E, i = \overline{1, n}$. (Пример e_i диагностическое или информационное сообщение, график, строка таблицы).

В общем виде имеется множество свойств $\Pi = (\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m)$, относящихся к элементам из E мер, диагностическое сообщение состоит из кода, постоянной текстовой части, переменной части – параметрических и служебных реквизитов):

$$\Pi : E \rightarrow V = V_1 V_2 \dots V_m$$

Π – задает отображение множества E на пространство свойств.

Отдельное значение $\Pi(e) \in V$ назовем реализацией (записью). Подмножество D из V при $D = \{\Pi(e); e \in E\}$ называется множеством выходных документов:

$$D = F_1 U F_2 U \dots U F_s$$

где F_i – i выходной документ. Далее будем обозначать $\alpha_i (i = \overline{1, N})$ – запись в D или F , т.е. $\alpha = \Pi(e_i), e_i \in E$.

Пусть H_i – модель документа, $H = H_1 U H_2 U \dots U H_n$ – модель системы документации.

Модель документа H_i состоит из множества типов информационных элементов e_j , последовательность которых задается алгоритмом формирования документа A_i .

Для каждого α_i существует определенное физическое место в поле документа, т.е. может быть определен адрес adr (идентификатор документа, координата расположения элемента α_i на поле документа) и размер зоны, заполняемой элементом α_i [5].

2. Метод решения задач

Рассмотрим первую задачу оптимального синтеза информационной модели. Зададим связи между информационными элементами (функциональные и др.) матрицей связанности $\|d_{ij}\|, ij = \overline{1, n}$.

Введём переменную:

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-й элемент включается в документ } i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Необходимо найти такие переменные x_{ik} , чтобы число связей между элементами одного документа (внутренние связи) было максимальным, а число связей между элементами разных документов (внешние связи) было минимальным [7,8].

Целевой функционал

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n d_{jk} d_{ij} d_{ik} \rightarrow \max$$

при ограничениях:

- каждый элемент попадает в какой-либо документ

$$\sum_{i=1}^r x_{ij} = 1, j = \overline{1, n}$$

- документ содержит не более n_i^d элементов

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq n_i^d, i = \overline{1, r}$$

Рассмотрим вторую задачу определения периодичности выдачи выходной информации. В силу ограниченности вычислительных и других ресурсов обработки информации, ограниченной на информационную загрузку оператора-технолога, неоднородности выходной информации с точки зрения её ценности для диагностирования требуется установить периодичность выдачи компонентов выходной информации [9].

Пусть намечено k интервалов периодичности выдачи компонентов информации: $T_1, T_2, \dots, T_k (T_1 < T_2 < \dots < T_k)$.

Введем переменные

$$x_i^1 = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й компонент выходной информации выдается} \\ & \text{с периодичностью } T_i \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Обозначим b_j – объем j – го ресурса, который используется для обработки информации, формирования и выдачи выходной информации, анализа и принятия решений (машинное время, информационная загрузка оператора-технолога и др.), α_{ij} – объем j – го ресурса, потребляемый для i – го компонента выходной информации, c_i – ожидаемый эффект от i – го компонента выходной информации.

Выбор компонентов выходной информации, выдаваемых с периодичностью T_1 сводится к определению переменных x_i^1 , максимизирующих целевой функционал

$$\sum_{i=1}^M c_i x_i \rightarrow \max$$

при ограничениях на ресурсы

$$\sum_{i=1}^M \alpha_{ij} x_i \leq b_j, j = \overline{1, N}$$

Решая сформулированную задачу, получим $x^{1*} = (x_1^{1*}, \dots, x_M^{1*})$ – оптимальный набор компонентов выходной информации, выдаваемых с периодичностью T_1 . Исключив из перечня всех компонентов выходной информации те, для которых $x_i^1 = 1$, решаем задачу для периодичности T_2 аналогично предыдущей с учетом изменения индексов x_i^2 .

Общее время переработки информации и принятия решений. Оценим влияние характеристик пользователей и структурно-объемных характеристик информационной модели на общее время переработки информации и принятия решений T_{Σ} , определяемое как интервал между моментом времени, с которого информация доступна для её передачи на обработку и моментом времени принятия решения, может быть разделено на две части: время ожидания в очередях T_{ω} (в предположении, что в системе находится информация одновременно по нескольким объектам диагностирования) и время передачи и обработки T_p .

$$T_{\Sigma} = T_{\omega} + T_p$$

Время ожидания зависит от применяемой технологии, оборудования, интенсивностей и маршрутов потоков информации, может быть оценено методами теории массового обслуживания [10].

Время на обработку и передачу информации T_p включает три элемента:

T_I - время на снятие информации и её уяснения;

T_c - время ввода и обработки на АСУ;

T_o – время предоставления информации, анализа и принятие решений оператором-технологом;

$$T_p = T_I + T_c + T_o$$

Рассмотрим первую составляющую T_I . Она может быть разделена на два элемента:

$$T_I = T_{IC} + T_{IR}$$

где T_{IC} – время на снятие информации и её уяснения, её регистрации, контроля доставки для перезаписи. T_{IR} – время перезаписи информации. Величина T_{IR} определяется объемом перезаписываемой информации и быстродействием устройства дублирования информации W_I и C_{IR} :

$$T_{IR} = C_{IR}W_I$$

Величина T_c состоит из двух элементов: первый зависит от объема информации W_I и быстродействия устройств C_C , а второй, в основном, определяется числом решаемых задач и компонентов выходной информации $T_{pR} = f(K_p, K_I)$ (K_p, K_I – (число решаемых задач и компонентов выходной информации))

$$T_c = C_C W_I + T_{pR}$$

Значение T_o может быть представлена как сумма трех составляющих:

T_{oI} – время передачи выходной информации, вывода её на устройство отображения информации;

T_R – время восприятия, анализа информации и принятия решений технологом-оператором;

T_{Od} – время оформления решений и доведения их до исполнителей;

$$T_o = T_{oI} + T_R + T_{Od}$$

Значения T_{oI} , T_R и T_{Od} зависят целиком от характеристик технологии сбора, передачи и обработки информации. Введем обозначения: $T_t = T_{oI} + T_R + T_{Od}$ – технологическое время, $C_j = C_{IR} + C_T$ – коэффициент быстродействия, подставляя в выражение для T_{Σ} получим

$$T_{\Sigma} = T_{\omega} + T_t + T_{pR} + T_R + C_j W_I \quad (1)$$

Таким образом, структурно-объемные характеристики выходной информации и характеристики пользователей представлены в формуле (1) величинами T_{pR} и T_R , не влияют на остальные составляющие общего времени.

Заключение

Вопросы оптимального синтеза информационной модели выходной информации, при математическом моделировании в сложных технических системах и выработке решения в автоматизированном режиме управления системой решаются несколькими вариантными подходами где анализируется общее время переработки информации и принятия решений и определяется наиболее эффективный вариант разрешения ситуации.

Список литературы

1. *Андреев М.В.* Электротехнические системы. Всережимный моделирующий комплекс реального времени: Учеб. пособие для вузов / отв. ред. М.В. Андреев. – М.: Юрайт (Серия Университеты России). 2019. – 115 с.
2. *Бубнов В.П.* Нестационарная сетевая модель управляющего аппаратно – программного комплекса / В.П. Бубнов, В.А. Ходаковский, С.А. Сергеев, В.Г. Соловьев // Автоматика на транспорте. Санкт – Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I СПб– 2018. – № 2. – С. 208 – 222
3. *Губинский А.И.* Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука, 1982 – 243 с.
4. *Дружинин Г.В.* Анализ эрготехнических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с.
5. *Дурденко В.А.* Модель принятия управленческого решения в условиях неопределенности. / В.А. Дурденко, С.В. Спиридонова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2015. – № 2. – С.60 - 65
6. *Клековкин Г.А.* Теория графов. Среда Maxima: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Г.А. Клековкин. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 133 с.
7. *Пруцков А.В.* Проблемно – ориентированный подход к пользовательскому программированию / А.В. Пруцков, Цыбулько Д.М. // Cloud of Science. – 2016. – № 1. – С. 105-114
8. *Ramjeet Singh Yadov.* A study of SQL query processing using soft computing techniques a hybrid vague logic approach / International Journal of Information Technology // June 2019, Volume 11, Issue 2, p.p. 309-409
9. *Kadchenko S.L., Kakushkin S.N., Zakirova G.A.* Spektral Problems on Compact Graphs // Вестник Южно – Уральского государственного университета. Серия «Математическое моделирование и программирование». – 2015. – Вып. 2 – С.60-65
10. *Чоккой В.З.* Средства математического программирования для оптимизации авиатранспортных систем / В.З. Чоккой // Credo Experto: транспорт, общество, образование, язык. Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2017. – № 2 (13). – С.70-82
11. *Юдин Д.Б., Горяшко А.П., Немировский А.С.* Математические методы оптимизации устройств АСУ. – М.: Радио и связь, 1982. 288 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (05.13.06)

05.13.06

**И.В. Зайченко канд. техн. наук, В.С. Соколова
С.А. Гордин канд. техн. наук, В.В. Бажеряну**

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
Комсомольск-на-Амуре, pmi@knastu.ru

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Определены основные технологические параметры при реализации автоматизированной системы управления микроклиматом предприятия на примере авиационного производства. Произведен термодинамический расчет абсорбционной системы, построена математическая модель, выполнено моделирование системы управления микроклиматом. Обоснована целесообразность предложенного решения.

Ключевые слова: математическое моделирование, технологических процессов производства, АБХМ, управление микроклиматом.

Введение. В последнее время наблюдается тенденция перехода от централизованных систем отопления к автономным системам вследствие потерь тепла при транспортировке и необходимости самостоятельной регулировки тепловой мощности в каждой части системы отопления.

Более 30 предприятий в России сделали выбор в пользу газолучистых систем. Экономия ресурсов с внедрением автоматизированной системы подачи теплоносителя только на КнААЗ им. Ю.А. Гагарина составляет 72,1 млн руб./ год [1].

Тем не менее, вопрос управления микроклиматом и заданными технологическими параметрами [4,6] на производственных площадях в летнее время остается открытым. В этой связи становятся актуальными разработка и создание автоматизированной системы управления микроклиматом предприятия с помощью АБХМ на природном газе.

Термодинамический расчет абсорбционной системы. Общая структурно-функциональная схема абсорбционного цикла приведена на рисунке 1.

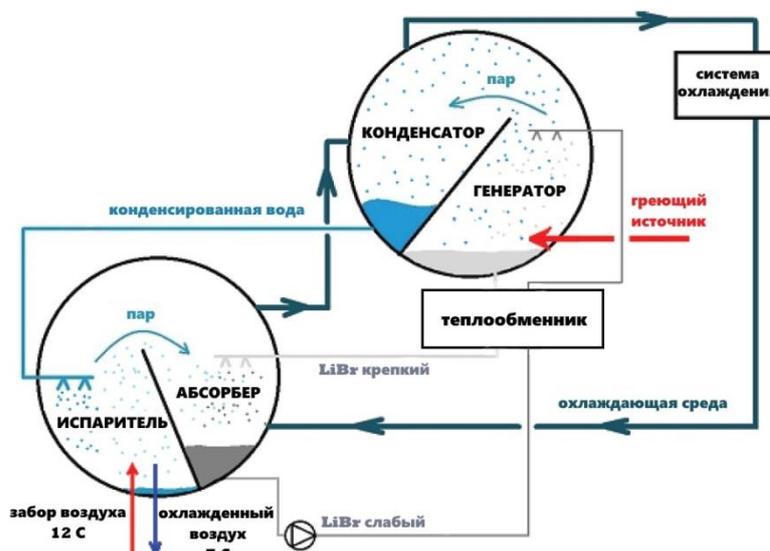


Рис. 1 - Общая структурно-функциональная схема цикла поглощения

Для рационального проектирования аппаратов абсорбционной системы необходимо рассчитать тепловую нагрузку и получить значения рабочих температур и коэффициентов теплопередачи.

Автоматизированный тепловой расчет был выполнен с использованием метода Розенфельда [2] с помощью системы расчетов MathCad. Начальные параметры представлены в таблице 1.

Результатом расчета представим параметры тепловых нагрузок на аппараты абсорбционной системы. Тепловые нагрузки на аппараты вычисляем по формуле

$$Q_{an.} = q_{an.} \cdot D,$$

где $q_{an.}$ – удельная тепловая нагрузка на аппарат, ккал/кг; D – часовое количества пара, сжижаемое в конденсаторе, кг/час.

Тепловая нагрузка на генератор: $Q_{ген.} = 715,5 \cdot 15,1 = 10804,05$ ккал/час

Тепловая нагрузка на конденсатор: $Q_{кон.} = 595,6 \cdot 15,1 = 8993,56$ ккал/час

Тепловая нагрузка на абсорбер: $Q_{абс.} = 689,5 \cdot 15,1 = 10411,45$ ккал/час

Нагрузка на теплообменник: $Q_{менл} = 18,2 \cdot 15,1 = 1784,82$ ккал/час.

Таблица 1 - Параметры узловых точек

Состояние вещества	Температура, С	Давление, мм рт.ст.	Концентрация, %	Энтальпия, ккал/кг
Вода после испарителя	+5,0	6,55	0	106,03
Вода после конденсатора	30	31,8	0	130,02
Раствор на выходе из абсорбера	28,0	6,0	53,5	57,5
Крепкий раствор на выходе из генератора	70	31,8	59,7	76,7
Раствор начале кипения в генераторе	58,0	31,8	53,5	72,2
Раствор в начале поглощения в абсорбере	38	6	59,7	62,3
Раствор на выходе из теплообменника	40	-	59,7	63
Пар в испарителе	+5,0	6,55	0	699,5
Пар в генераторе	64,0	31,8	0	725,6

Таким образом, был произведен расчет тепловой нагрузки рабочих аппаратов. Проведем теплотехнический расчет абсорбционной системы, с учетом рабочей схемы с градирней открытого типа.

Подбор параметров градирни для абсорбционной системы. Производительность градирни равна тепловому потоку [3], который необходимо отвести в окружающую среду, с учетом тепловой нагрузки конденсатора и тепловой нагрузки абсорбера:

$$Q_{гр.} = 10411,45 + 8993,56 = 19\,405,01 \text{ ккал/час} = 23 \text{ кВт}$$

Площадь поперечного сечения градирни с заданной производительностью составляет $F = 0,44$ м². Удельная тепловая нагрузка градирни может быть рассчитана по формуле:

$$q_{гр.} = \frac{Q_{гр.}}{F}$$

$$q_{гр.} = \frac{19405,01}{0,44} = 44102,29 \text{ ккал/час.}$$

По удельной тепловой нагрузке и температуре воздуха мокрого термометра 22°C для данной местности определяется температуры охлажденной воды $t_{о.с.2}^{гр} = 30^\circ\text{C}$.

По расчетным данным требуемые характеристики градирни:

производительность: $Q_{гр} = 23 \text{ кВт}$;

расход воздуха: $L = 2,19 \text{ м}^3/\text{ч}$;

расход воды: $W = 1,9 \text{ м}^3/\text{ч}$;

площадь поперечного сечения: $F = 0,44 \text{ м}^2$;

потребляемая мощность: $N_{гр} = 2 \text{ кВт}$.

Моделирование системы управления микроклиматом. Для построения математической модели систем управления микроклиматом существует несколько подходов, среди которых можно отметить модель, представленную на рисунке 2.

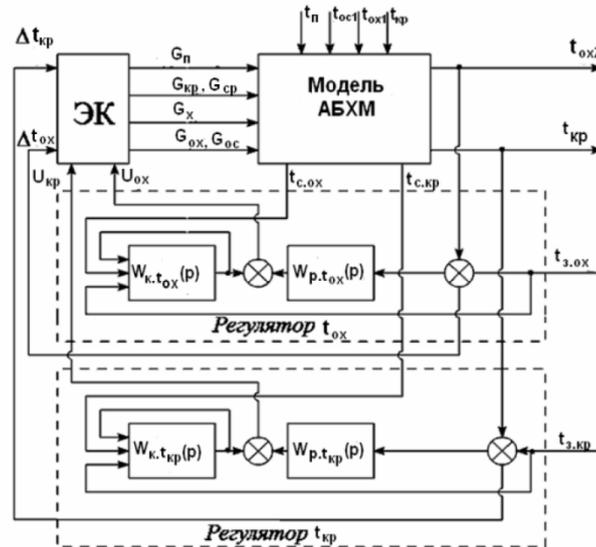


Рис. 2 – Модель управления системой

Проведем исследование динамических характеристик системы. Для описания динамических свойств, при ступенчатых воздействиях, необходимо составить уравнения теплового баланса и теплопередачи, получить модель [5]

$$\Delta t_x(p) = W_{k1}(p) \cdot \Delta t_{г.п}(p) + W_{k2}(p) \cdot \Delta t_{oc1} + W_{k3}(p) \cdot \Delta G_{г.п}(p) - W_{k4}(p) \cdot \Delta G_{oc}(p)$$

где $W_{k1}(p)$, $W_{k2}(p)$, $W_{k3}(p)$ и $W_{k4}(p)$ – передаточные функции;

$\Delta t_{г.п}$ – изменение температуры парообразного хладагента, °С;

$\Delta G_{г.п}$ – изменение расхода парообразного хладагента, кг/с;

Δt_{oc1} – изменение температуры охлаждающей среды, °С;

ΔG_{oc} – изменение расхода охлаждающей среды, кг/с.

Определяемая величина, изменение температуры хладагента Δt_x , это выходной параметр модели.

Рассмотрим переходные характеристики модели при Δt_{oc1} равным 1°С, 10°С, 20°С. Результаты моделирования системы в среде MATLAB представлены на рисунке 3.

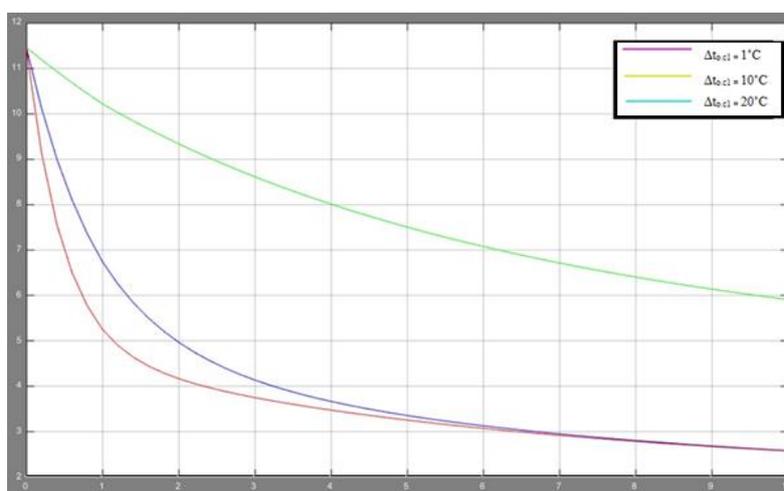


Рис. 3 – Результаты моделирования в MATLAB

Из кривых, представленных на графиках, отчетливо прослеживается характер полученных переходных характеристик, отражающих динамические свойства системы управления микроклиматом, при изменении температуры охлаждающей среды. При увеличении температуры охлаждающей среды в 2 раза время регулирования возросло в 9 раз. Все переходные характеристики носят аperiodический характер.

Заключение. Результаты моделирования показали, что:

- эффективность работы абсорбционной системы управления микроклиматом предприятия существенно зависит от температуры охлаждающей среды;
- для уменьшения времени выхода на заданную температуру необходимо понизить температуру охлаждающей среды;
- использование разработанной модели позволяет существенно снизить затраты при проектировании системы управления микроклиматом за счет автоматизации теплотехнических расчетов.

Список литературы

1. Программа энергоэффективности Филиала ПАО «Компания «Сухой» «КНААФ» им. Ю.А. Гагарина» // URL: http://www.aviationunion.ru/Files/Nom_1_Nikitin.pdf (дата обращения: 05.02.2020).
2. Розенфельд, Л. Диаграмма концентрация – энтальпия раствора бромистый литий-вода для расчета абсорбционных холодильных машин / Л. Розенфельд // Холодильная техника. – 1995. - № 3. – С. 37-45.
3. Устройство и расчет промышленных градирен: Монография / А.Г. Лаптев, И.А. Ведьгаева / – Казань.: Казанский государственный энергетический университет, 2004. – 180 с.
4. Зайченко И.В. Применение катализаторов отверждения для регулирования анизотропии механических свойств стеклопластиков / И. В. Зайченко В. В. Бажеряну // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2012. № 5-2 (36).
5. Gordin S.A., Zaychenko I.V. and Sergeevna S.V. "Thermal Modes of Reflux-Vapor Modeling and Control of the Rectification Process," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, Vladivostok, 2019, DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934295
6. Зайченко И.В. Управление технологическим процессом ремонта деталей из ПКМ в составе изделия и оценка энергозатрат / Зайченко И.В., Бажеряну В.В., Соколова В.С. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. № 4 (40).

05.13.06

Г.Е. Кокиева д-р техн. наук

Якутская государственная сельскохозяйственная академия

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ
ОТРАСЛЯМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В АРКТИКЕ**

В среднесрочной перспективе появляется реальная возможность с помощью инвестиций ПАО «Газпром» перевести на природный газ населенные пункты вилюйской, центральной, южной и западной части республики. При этом зона централизованного электроснабжения в перспективе будет влиять на формирование систем теплоснабжения через газификацию населенных пунктов при создании единой газотранспортной системы и через электроотопление. Это позволит существенно изменить подходы к теплоснабжению в вышеизложенных районах республики. При газификации ожидается заметное снижение себестоимости выработки тепловой энергии в этих районах, что позволит выйти на полую окупаемость предприятий ЖКХ в этих районах. В связи с этим целью данной работы является изучение и поиски инновационных путей управления отраслями жизнеобеспечения в Арктике при синхронизации их развития, реструктуризации и реформировании.

Ключевые слова: *электроотопление, теплоснабжение, инновационные пути, газотранспортная система, окупаемость предприятий, тепловая энергетика, возобновляемые источники энергии, электроэнергетика, нефтегазовая отрасль, угольная промышленность.*

В настоящее время, в результате проведенных работ, республика имеет четкие границы раздела ответственности отраслей и бизнеса. Также, уточнены границы ответственности муниципальных образований, согласно Федерального закона №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» от 6 октября 2003 года. Однако, под давлением множественных проблем жилищно-коммунального характера, министерство направило все усилия на решение вопросов ЖКХ и тепловой энергетики, и преобразовалось, в ведомство решающее преимущественно и в приоритетном порядке жилищно-коммунальные вопросы.

В тоже время, другая часть топливно-энергетического комплекса республики (угольная и нефтегазовая направления) подчинялась Министерству промышленности РС(Я), а за тем Министерству экономического развития и промышленной политики РС(Я), в настоящее время, во вновь созданную Министерству промышленности РС(Я). Как показывает история, направление Энергетики (ТЭК) и на федеральном уровне претерпело множество изменений и реформ. Это и понятно, система управления должна отвечать требованиям времени. После завершения этапа приватизации государственных предприятий в 2008 году было создано Министерство энергетики России. Министерство энергетики Российской Федерации осуществляет разработку и реализацию государственной политики в отрасли и нормативно-правовое регулирование топливно-энергетического комплекса, в том числе по вопросам электроэнергетики, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, газовой, торфяной, угольной и сланцевой промышленности, продуктов их переработки, возобновляемых источников энергии, освоения месторождений углеводородов на основе соглашений о разделе продукции и в сфере нефтехимической промышленности, а также правоприменительные функции и функции по оказанию государственных услуг, по управлению государственным имуществом в сфере производства и использования топливно-энергетических ресурсов [1-5].

Таким образом, министерство курирует три основных направления: электроэнергетика, нефтегазовая отрасль, угольная промышленность.

Основным отличием Республики Саха (Якутия) от всех регионов России является наличие всех видов природных топливно-энергетических ресурсов, которые в промышленных масштабах добываются, перерабатываются и транспортируются за пределы региона.

Топливо-энергетический комплекс республики за последние годы развивается очень интенсивно и занимает одно, из самых важных направлений в республике, которое в будущем будет определять качество развития не только Республики Саха (Якутия), но и России.

Еще в 1943 году в своих трудах «Круглая планета и завоевание мира» великий английский геополитик Хэлфорд Дж. Маккиндер пересмотрел свои прежние взгляды, изложенные в работе «географической оси истории» и изъял из хартленда советские территории Восточной Сибири, расположенные за Енисеем. Он назвал малозаселенную советскую территорию «Россия Lenaland» по названию реки Лена. Таким образом, он предсказывает, что «географической осью истории» станет долина реки Лена. Дело в том, что в основном, все предсказания великих ученых, занятых в области геополитики сбываются, поэтому их труды являются «идейными вдохновителями» НАТО [3-5].

Действительно, долина реки Лена имеет крупные запасы природных топливных ресурсов всех видов. А под морем Лаптевых, куда впадает река Лена, имеются крупные запасы нефти и газа. Не зря, первые руководители страны такое повышенное внимание уделяют поселку Тикси, в будущем города и центра по добыче всех подводных ресурсов моря Лаптевых.

В тоже время, Правительство РФ рассмотрев все проблемы и причины возникновения проблем имеющихся в коммунальном хозяйстве страны приняло решение создать новое Министерство строительства и ЖКХ РФ, которое должно управлять всеми действиями в строительстве и ЖКХ страны.

Министерству строительства и ЖКХ РФ переданы функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, архитектуры, градостроительства и жилищно-коммунального хозяйства, по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом в сфере строительства, градостроительства и жилищно-коммунального хозяйства, а также по осуществлению координации деятельности Федерального фонда содействия развитию жилищного строительства, государственной корпорации – Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства.

В Республике Саха (Якутия) существуют Министерство ЖКХ и энергетики РС (Я) и Министерство строительства РС(Я), которые в разрозненном виде по отдельности решают проблемы жилищного строительства, эксплуатации зданий и предоставления коммунальных услуг, зачастую дублируя или принимая несогласованные решения. В Якутии на уровне государственного управления разорван процесс «строительства и эксплуатации жилищных объектов», из-за этого порождается низкое качество строительства жилья в северных условиях. При государственном контроле и управлении единым органом управления процесса «Строительство и эксплуатация жилья», то ситуация была бы намного лучше.

Как из вышеуказанного видно, что есть необходимость разделения системы управления по отраслям, путем создания отраслевых министерств, соответствующих структуре Правительства РФ.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать факт назревания вопроса о рассмотрении создания Министерства энергетики Республики Саха (Якутия).

Для создания министерства не потребуются сверх рассмотренных бюджетом РС(Я) дополнительных расходов, так как, произойдет объединение уже существующих управлений и отделов двух министерств.

Также, при развитии ТЭК опасность воздействия на этнические группы и экологию республики будет минимальной, чем в других недродобывающих производствах, таких как добыча золота и алмазов. Причиной этого является минимальное количество специалистов для реализации проектов, меньшее воздействие на экологию, чем при добыче золота и алмазов.

В тоже время, приоритетной задачей Минэнерго РС(Я) должна стать расширение и реализация существующей программы целевой подготовки кадров, обеспечение тесной связи между предприятиями ТЭК и учебными заведениями республики, в первую очередь с Северо-Восточным Федеральным университетом, ФГБОУ ВО ЯГСХА что позволит сделать прорыв местных кадров в ТЭК республики и изменению менталитета местного населения и менеджмента федеральных компаний.

Для четкого взаимодействия с Минэнерго России необходимо структуру Министерства энергетики Республики Саха (Якутия) максимально унифицировать с федеральной структурой.

Список литературы

1. Асаул А.Н., Князь И.П., Коротаева Ю.В. Теория и практика принятия решений по выходу организаций из кризиса. СПб.: АНО «ИПЭВ», 2007. 224 с.
2. Выступление Генри Киссинджера на открытии Центра внешнеполитического сотрудничества имени Е.М. Примакова. URL: <http://gorchakovfund.ru/print/news/18353/> (дата обращения: 17.10.2016).
3. Градов А.П. и др. Как управлять конкурентными преимуществами в периоды спада и подъема экономики: Монография. Scientific magazine Kontsep, 2013.
4. Грациани Т. Россия – краеугольный камень системы многополярного мира // Международная жизнь. 2010. № 7. С. 93–104.
5. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу. Утверждены Президентом Российской Федерации 18 сентября 2008 г. URL: <http://government.ru/info/18359> (дата обращения: 19.06.2017).

05.13.06

¹Г.Е. Кокиева д-р техн. наук, ²В.П. Друзьянова д-р техн. наук¹Якутская государственная сельскохозяйственная академия,
²Северо-восточный университет имени М.К. Аммосова**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОРМОВ**

Одним из важнейших вопросов, связанных с организацией промышленного производства, является выбор наиболее рациональной и экономически обоснованной технологии, вытекающей из конкретных условий каждой зоны. Причем в условиях постоянно развивающихся межхозяйственных связей, когда вследствие особенностей технологии производства, особенно важное народнохозяйственное значение приобретает вопрос экономической оценки эффективности работы не только отдельных звеньев, но именно технологической цепи в целом.

Ключевые слова: гранулирование кормов, энергоемкость производства, гранулирование, экономическая эффективность, комбикормовые предприятия, питательные вещества, техническое решение, вскармливание сельскохозяйственных животных, формула приведенных затрат, рецептура гранул, рост продуктивности.

Для интенсификации кормопроизводства необходимо изыскивать новые пути по снижению энергоемкости производства и увеличению качества готовой продукции [1-3]. Гранулированные комбикорма имеют, как правило, форму небольших цилиндров диаметром от 2,4 до 20 мм, длина их обычно не превышает 1,5...2 диаметров. Кроме того, эффективность гранулирования кормов в гораздо большей степени определяется ростом продуктивности животных (удой, привес), сокращением затрат корма на единицу продукции (центнер привеса, центнер молока) и удобством раздачи гранул. Таким образом, при определении экономической эффективности гранул нельзя ограничиваться только показателями изготовления гранул.

Экономическая эффективность гранулирования может быть оценена по формуле приведенных затрат с учётом дополнительного экономического эффекта Эд, получаемого при использовании гранул (все обозначения даны в конце статьи):

$$\text{Эг} = [(Cс + EKс) - (Cн + EKн)] * Г \pm \text{Эд} \quad (1)$$

Подсчет текущих затрат-Сс и Сн и капитальных затрат-Кс и Кн на изготовление, хранение, транспортировку и раздачу гранул не вызывает трудностей. Здесь нужно обратить особое внимание лишь на расчёт стоимости складов для хранения гранул:

$$X = Mс \frac{3*1000}{a} * K \quad (2)$$

Расчётом показывают, что капиталовложение в склады для хранения готовых гранул могут быть в 1,3-2 раза больше капиталовложений в цех гранулирования и мобильную технику для организации его работы.

При сравнении гранул с рассыпными кормами величины Сс и Кс в формуле (1) должны быть скорректированы с учетом количества рассыпных сырых кормов, необходимых для приготовления одной тонны гранул.

Менее ясна методика определения дополнительного экономического эффекта Эд, за счет которого ожидается получение до трех четвертей суммарного экономического эффекта:

$$\text{Эд} = \text{Экм} + \text{Эко} + \text{Эпм} + \text{Эпо} \quad (3)$$

В таблице 1 приведены условные обозначения.

Таблица 1-Условные обозначения

Символ	Описание
Эг	Годовой экономический эффект от внедрения цеха гранулирования кормов, руб.;
Сн, Сс	Текущие затраты на изготовление, включая доставку сырья, хранение, транспортировку и раздачу тонны гранул в базе для сравнения и в рассматриваемом решении, руб.;
Кн, Кс	Капитализация для изготовления, включая доставку сырья, хранения, транспортировки и раздачи раздачу тонны гранул в базе для сравнения и в рассматриваемом решении, руб.;
Е	Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;
Го, Гм	Соответственно общая годовая мощность цеха гранулирования, выпуск гранул для молочного стада и выпуск гранул для откорма молодняка, тонн;
Х	Стоимость складов для хранения гранул, руб.;
М _{сс}	Стоимость 1 м ³ строительного объема склада данного типа, руб.;
З	Максимальный запас гранул, тонн;
О	Объемный вес 1 м ³ гранул, кг;
К	Коэффициент перехода от объема, занятого непосредственно гранулами, к строительному объему склада (определяется исходя из особенностей складирования гранул путем подсчета);
Эд	Дополнительный годовой экономический эффект, руб.;
Экм; Эко	Годовой экономический эффект за счет снижения расхода кормов на производство соответственно молока и мяса, руб.;
ЭпмЭпо	Годовой экономический эффект соответственно за счет роста удоев коров и увеличения среднесуточных привесов скота на откорме, руб.;
Рс; Рн	Стоимость среднесуточного рациона молочной коровы или откармливаемой головы молодняка в базе для сравнения и в рассматриваемом решении при использовании гранул (если гранулы составляют лишь часть рациона, то учитывается стоимость и других кормов), руб.;
Пн; Пс	Среднесуточная продуктивность животного за время использования гранул и в базе для сравнения, кг(молоко) или г(привес);
Д	Период использования гранул, суток;
Чк; Чо	Соответственно возможное поголовье коров и поголовье откармливаемого молодняка в год при наличии соответственного Гм и Го тонн гранул и выбранном рационе, голов;
q ₁ ; q ₂	Питательная ценность гранул соответственно для молочного стада и откорма молодняка, корм.ед.;
Q	Питательная ценность гранул в среднесуточном рационе молочной коровы, корм.ед.;
В ₁ ; В ₂	Вес животного при снятии с откорма и постановке на откорм, кг;
Ц _н ; Ц _с	Средняя цена реализации килограмма молока или мяса в живом весе в рассматриваемом решении и в базе для сравнения, руб.;
Ц _п	Цена килограмма живого веса молодняка при постановке на откорм, руб.;
Д	Время на дезинфекцию и текущий ремонт помещений и оборудования после каждого откормочного цикла, суток;
Мсс	Количество скотомест на откормочной ферме или откормочной площадке, единиц.

Часто возникает вопрос, не являются ли рост продуктивности и сокращение затрат корма на единицу продукции двумя сторонами одной медали?

По нашему мнению, снижение расхода кормов на единицу продукции и рост продуктивности животных -разные вопросы, и их влияние на сумму эффективности от применения может быть точно выявлено.

Годовой экономической эффект от снижения расхода кормов на единицу продукции предлагается определять по следующим формулам:

$$\text{Экм} = \left(p_c * \frac{P_n}{P_c} - p_n \right) * D * Ч_k \quad (4)$$

$$\text{Эко} = \left(p_c * \frac{P_n}{P_c} - p_n \right) * D * Ч_k \quad (5)$$

Поголовье молочных коров в откармливание поголовье можно определять по следующим формулам:

$$Ч_k = \frac{Г_m * 1000 * q_1}{Q * D} \quad (6)$$

$$Ч_o = \frac{Г_o * 1000 * q_2}{P_{ц} * (B_2 - B_1)} \quad (7)$$

Рост продуктивности животных (удой, привес)-фактор, за счет которого ожидается получение наибольшей части годового экономического эффекта.

Дополнительная продукция, получаемая за счёт роста удов коров в период частичного введения в рацион гранул, равна:

$$\text{Эпм} = (P_n * Ц_n - P_c * Ц_c) * d * Ч_k \quad (8)$$

Несколько сложнее учёт дополнительной продукции при круглогодовом откорме, но при заранее оговоренном сдаточном весе животного (например, 400 кг). В этом случае дополнительная продукция будет получена за счёт большего количества откормочных циклов (или частей одного цикла) на каждом постановочном месте:

$$\text{Эпо} = \left[\frac{365 * (B_2 * Ц_n - B_1 * Ц_n)}{\frac{(B_2 - B_1) * 1000}{P_n} - D} - \frac{365 * (B_2 * Ц_c - B_1 * Ц_n)}{\frac{(B_2 - B_1) * 1000}{P_c} - D} \right] * M \quad (9)$$

Разные цены – C_n и C_c – в формулах 8 и 9 берутся лишь в том случае, если изменение качества продукции (жирность и кислотность молока, категория упитанности откормленного молодняка) произошло в результате кормления гранулами, а не по другим причинам.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что рациональное сочетание расчета и эксперимента позволяет расширить границы исследований, уменьшить объем экспериментов и значительно ускорить доводочные работы. Применение данных формул позволит охватить все факторы и сферы получения экономического эффекта от изготовления и использования гранул для вскармливания сельскохозяйственных животных.

Список литературы

1. *Кокиева, Г.Е.* Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования. Сб. Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. – Новосибирск. – 2013.
2. *Кокиева, Г.Е.* Анализ технологии измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов. Научно-технический Вестник Поволжья. Сб. №3, 2014. – Казань.
3. *Юдин, Э.Г.* Системный подход и принципы деятельности. – М.: Наука. – 1978. – 392 с.
4. *Черноиванов, В.И.* Восстановление деталей машин. – М.: Мир. – 1977. 522 с.
5. *Шарифуллин, В.Н., Бояринов, А.И., Гумеров, А.М.* Связь перемешивания и массопередачи на примере барботажно-эрлифтного аппарата. В кн.: Массообменные процессы и аппараты химической технологии. – Казань. – 1980. – С. 17-18.

05.13.06

Е.В. Кошлоков, А.В. Лебедь, А.А. Силаев канд. техн. наук

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,
автомеханический факультет,
кафедра автоматика, электроника и вычислительная техника,
Волжский, diego101@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В статье рассматривается разработка типовой закрытой схемы горячего водоснабжения для многоквартирных жилых домов с использованием двух источников энергии. В ходе разработки выполнен расчет площади солнечного коллектора, подобраны технические средства автоматизации и спроектирована типовая принципиальная электрическая схема управления одним регулирующим контуром.

Ключевые слова: *автоматизация, закрытая схема теплоснабжения, система горячего водоснабжения, солнечный коллектор.*

В соответствии с изменениями и дополнениями, внесенными в федеральный закон № 190-ФЗ от 27 июля 2010 г. «О теплоснабжении» изменяются подходы к созданию новых и реконструкции старых систем горячего водоснабжения (ГВС) в многоквартирных домах [1]. С 1 января 2022 года существующие открытые системы теплоснабжения в обязательном порядке должны быть реконструированы в закрытые системы теплоснабжения.

Закрытые системы обладают рядом преимуществ перед открытыми системами горячего водоснабжения:

- при закрытой системе потребитель получает подогретую хоз. питьевую воду соответствующей воде питьевого качества;
- возможность использовать теплоноситель любого типа в греющем контуре;
- возможность точного поддержания температуры горячего водоснабжения;
- возможность установки теплоаккумуляторов, которые служат для накопления и сохранения объема горячей воды на продолжительное время в случае отключения всех источников энергии.

Но есть и недостатки, которые заключаются в сложности обслуживания и эксплуатационных режимов работы теплообменных аппаратов.

Поэтому для эффективной эксплуатации закрытых систем необходимы автоматические системы управления [2, 3].

Целью статьи является разработка автоматизированной системы управления тепловым пунктом с закрытой системой подогрева горячего водоснабжения. Для более явного технико-экономического эффекта в южных регионах России предлагается использовать комбинированную систему подогрева горячего водоснабжения от двух источников тепловой энергии, таких как: центральные тепловые сети и солнечные коллектора смонтированные на крышах жилых зданий.

При анализе существующих патентов автоматизированных тепловых пунктов и гелиоустановок горячего водоснабжения [4, 5], была разработана типовая структурная схема контура ГВС с использованием двух источников тепловой энергии (см. рис 1).

Описание работы.

Установка в которой используется солнечный коллектор работает круглогодично, в случае, когда температура теплоносителя в контуре солнечного коллектора становится ниже 60°C осуществляется переключение на теплообменный аппарат (рис. 1, поз. 1) подключенный к системе центрального теплоснабжения.

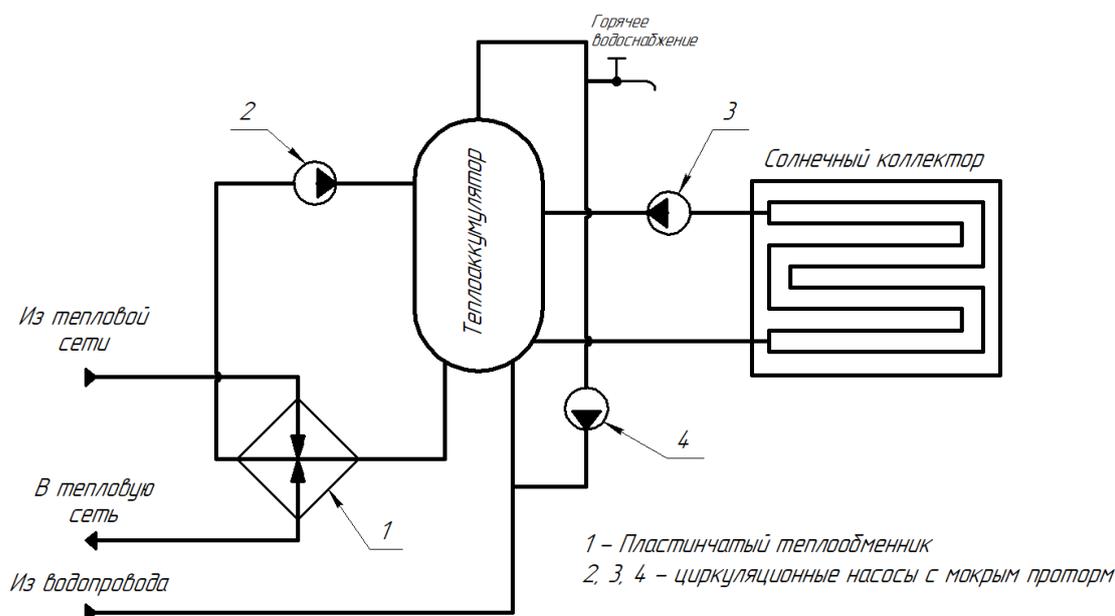


Рис. 1 - Типовая структурная схема контура ГВС с двумя источниками тепловой энергии.

Циркуляция теплоносителя в контуре солнечного коллектора не останавливается, а переключается на малый контур, для предотвращения застоя теплоносителя в трубках солнечного коллектора и паразитного отбора тепла из теплоаккумулятора, то есть в обход теплоаккумулятора. Подогрев воды в теплоаккумуляторе от центральной тепловой сети продолжается до того, как температура теплоносителя в солнечном коллекторе не возрастет до 60°C, после чего установка переключится обратно. В случае если зимой будет ясный день и при условии того что теплоноситель в солнечном коллекторе достигнет заданной температуры, установка переключится на подогрев горячей воды при помощи солнечного коллектора.

Расчет мощности солнечного коллектора для многоквартирного жилого дома.

Для примера возьмем типовой многоквартирный жилой дом по Волгоградской области [6].

Многоквартирный дом оборудован общедомовым прибором учета и потребление горячей водоснабжения за одни сутки составляет 6,5 м³.

Данные для расчета [7]:

1. Величина инсоляции в Волгоградской обл. – 1538,7 кВт · час/м²
2. КПД – от 67% до 80%.
3. Угол наклона коллектора – 48 градусов.

Таблица 1 – Характеристика типового многоквартирного дома

Год постройки:	1971
Год ввода в эксплуатацию:	1971
Серия, тип постройки здания:	447С
Количество этажей:	5
Количество лифтов, ед.:	0
Количество помещений:	59
Количество жилых помещений, ед	56
Количество нежилых помещений, ед.:	3

Количество тепла для нагрева воды от текущей температуры до заданной, определяются формулой:

$$Q = G \cdot \rho \cdot C \cdot (t_t - t_z)$$

где: G - среднесуточное потребление воды м³; ρ - плотность воды кг/м³; C - удельная теплоёмкость воды, Дж/(кг · град); t_t - начальная температура воды, °C; t_z - заданная температура воды, °C.

Результат расчета площади солнечного коллектора равен 126,7 м², при этом количество панелей солнечного коллектора составляет 23 шт.

Для обеспечения требуемого запаса горячей воды в системе необходим теплоаккумулятор объемом 5 м³.

Выбор технических средств автоматизации.

Для осуществления точности регулирования и выполнения алгоритма переключения способа подогрева горячей воды от центральной тепловой сети на контур с солнечным коллектором и теплоаккумулятором предлагается применение современных средств автоматизации.

Контрольные измерительные приборы:

- для измерения температуры предлагается использование термометра сопротивления с диапазоном измерения от минус 50 до 200 °С;
- для измерения давления предлагаются датчики избыточного давления с диапазоном от 0 до 1.6 МПа.

В качестве управляющего устройства предлагается использование промышленного программируемого логического контроллера с возможностью вывода информации о ходе технологического процесса на панель оператора (HMI).

Для регулирования температуры в системе горячего водоснабжения предлагается использовать регулируемую арматуру с электрическим приводом. Тип управляющего сигнала: трёхпозиционный (шток привода и соответственно клапана перемещается на величину, пропорционально длительности импульса питающего напряжения).

Для циркуляции теплоносителя в контурах комбинированной системы горячего водоснабжения предлагается использование циркуляционных насосов с мокрым ротором.

На разработанной типовой принципиальной электрической схеме (см. рис. 2) показано управление электрическим приводом и циркуляционным насосом для одного контура регулирования. Для остальных контуров схема управления аналогичная.

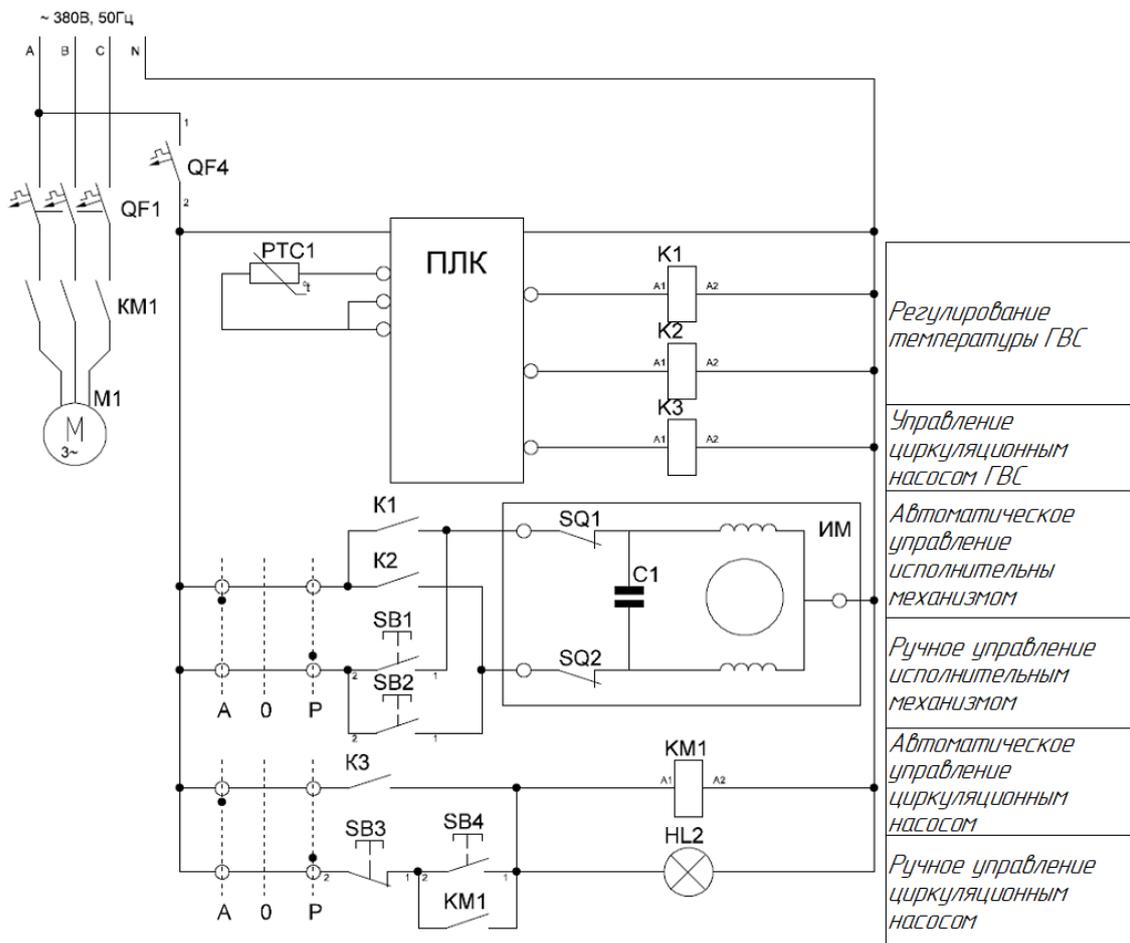


Рис. 2 - Типовая принципиальная электрическая схема управления одним регулирующим контуром

Заключение.

Для закрытой системы ГВС многоквартирных домов разработана типовая схема автоматизированной системы управления с применением альтернативных источников энергии (солнечный коллектор). Выполнен расчет с обоснованием применения автоматизированной системы управления. Подобраны технические средства автоматизации с учетом эксплуатации в Волгоградской области. Спроектирована электрическая схема для управления одним регулирующим контуром.

Данную автоматизированную систему управления можно использовать для систем горячего водоснабжения по южному федеральному округу России.

Список литературы

1. Федеральный закон N 190-ФЗ от 27.07.2010. О теплоснабжении.
2. Федеральный закон N 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. (с изменениями от 26 июля 2019 года).
3. РД 34.20.145-92. Методические указания по выбору типа системы теплоснабжения с учетом качества воды.
4. Автоматизированный тепловой пункт системы отопления (варианты) (RU2300709): [Электронный ресурс]// Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР. URL: <https://findpatent.ru/patent/230/2300709.html> (дата обращения 06.02.2020).
5. Гелиоустановка горячего водоснабжения и ее солнечный коллектор (RU2250422): [Электронный ресурс]// Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР. URL: <https://findpatent.ru/patent/225/2250422.html> (дата обращения 07.02.2020).
6. Паспорт многоквартирного дома [Электронный ресурс]// Справочник ЖКХ. URL: <https://my-gkh.ru/gethouse/36794fa4-900b-4fd1-ac40-94ace74d239c> (дата обращения 07.02.2020).
7. Таблицы инсоляции для расчета ФЭС [Электронный ресурс]// SOLBAT-Солнечные батареи. URL: <http://www.solbat.su/meteorology/insolation> (дата обращения 07.02.2020).

05.13.06

В.В. Лебедев канд. техн. наук, О.В. Пухова канд. техн. наук

Тверской государственной технической университет,
кафедра электронно-вычислительных машин,
Тверь, Lebedev_vl.69@mail.ru

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ТОРФЯНЫХ СУБСТРАТАХ

В работе приведена система автоматического управления, обеспечивающая мониторинг и управление основными производственными параметрами тепличного комплекса на торфяных субстратах. Автоматизированное управление обеспечивает, гибкую систему настройки параметров для поддержания микроклимата. Она представляет возможность постоянного мониторинга температуры воздуха, влажности почвы, освещённости и других параметров микроклимата тепличного комплекса. Обеспечивается полная автономность функционирования тепличного комплекса.

Ключевые слова: система автоматического управления, торфяной субстрат, автоматизация, мониторинг технологических параметров.

Производство и реализация торфяного субстрата [1] неразрывно связано с развитием малых и средних фермерских хозяйств, являющихся потребителем этого высокотехнологичного торфяного продукта. В открытом и закрытом грунтах он должен создавать идеальную среду для функционирования корневой системы растений. Он обладает требуемой буферной способностью и высокой влагоудерживающей способностью и низкой плотностью. Для создания и поддержания микроклимата, в крупных тепличных комплексах используются дорогие автоматизированные системы, в основном недоступные небольшим фермерским хозяйствам.

Выбор температурного режима зависит от вида и сорта растения. Оптимальная температура для роста и развития сельскохозяйственных культур варьирует от 20 до 22 градусов днем и от 16 до 18 градусов ночью. Одним из главных условий [2] выращивания и устойчивости к заболеваниям является свободное перемещение сухого теплого воздуха вокруг развивающихся культур. Растения в защищенном грунте требуют обильных, но не очень частых поливов под корень. Такой подход ускоряет растению формирование глубокой и разветвленной корневой системы. В этом случае капельная система полива является приемлемым средством увлажнения грунта.

Таким образом, основными задачами при автоматизации тепличного комплекса являются автоматический контроль температуры, влажность почвы и воздуха, а также освещенности в течение суток.

При реализации системы автоматического управления тепличным комплексом применялись следующие компоненты. Управляющая платформа Arduino Uno, кабели USB, плата прототипирования и провода для соединения электронных компонентов «папа-папа». Фоторезисторы, резисторы на 10 кОм, датчики температуры TMP36, модуль температуры и влажности воздуха DHT11, модуль влажности почвы. Жидкокристаллический экран (Nokia 5110) и relay shield на 4 реле, вентиляторы на 12В, насос для подачи воды; автоматы гидравлические для проветривания теплицы, светодиодные лампы освещения.

Система автоматического управления [3] тепличным комплексом обеспечивается современной платформой Arduino Uno, которая реализована на микроконтроллере ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор на 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP. Микроконтроллер ATmega328 располагает 32 кБ флэш-памяти, из которых 0,5 кБ используется для хранения

загрузчика, а 2 кБ ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM. ATmega328 поддерживают последовательный интерфейс UART TTL (5 В), осуществляемый выводами 0 (RX) и 1 (TX). Мониторинг последовательной шины (Serial Monitor) программы Arduino позволяет посылать и получать текстовые данные при подключении к платформе.

Платформа программируется посредством программного обеспечения Arduino. Микроконтроллер ATmega328 поставляется с записанным загрузчиком, облегчающим запись новых программ без использования внешних программаторов. Связь [4] осуществляется оригинальным протоколом STK500. Имеется возможность не использовать загрузчик и запрограммировать микроконтроллер через выводы ICSP.

Сборка всех компонентов системы автоматического управления тепличным комплексом, таких как: датчик влажности, датчик освещенности, датчик температуры, система вентиляции, насос для подачи воды и жидкокристаллический экран, производится на базе платформы контроллера Arduino. Для этого подключают следующие датчики:

- датчик влажности почвы и воздуха;
- датчик температуры воздуха и торфяного субстрата;
- фоторезистор для контроля освещённости.

Принципиальная схема подключения датчиков влажности, освещенности и температуры к контроллеру на базе платформы Arduino в системе автоматического управления тепличным комплексом (рис.1).

После подключения измерительных устройств, настраивается программа для получения информации с датчиков. Фоторезистор, датчик температуры TMP36 и модуль влажности почвы, аналоговые датчики. Для работы с модулем DHT11 используется библиотека DHT. Данные измеряются с интервалом 5 секунд и выводятся в последовательный порт контроллера Arduino. Мониторинг основных параметров автоматического управления (температура, влажность и освещенность) обеспечивается жидкокристаллическим экраном.

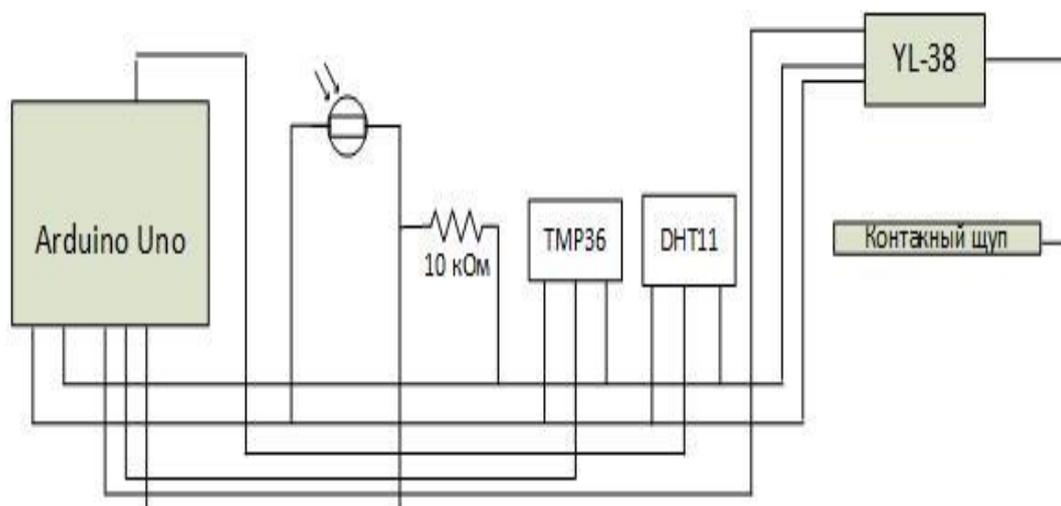


Рис. 1– Принципиальная схема подключения датчиков влажности, освещенности и температуры к контроллеру Arduino

Светодиоды на панели управления, сигнализируют при выходе значений микроклимата из рекомендуемых параметров: температура воздуха > TEMP_DETECT; увлажненность почвы < MOISTURE_DETECT; освещенность < LIGHT_DETECT.

Значения для констант TEMP_DETECT, MOISTURE_DETECT, LIGHT_DETECT необходимо определить в соответствии с параметрами температуры, влажности и освещенности выращиваемых культур. При отклонении от заданных параметров, будет загораться соответствующий светодиод, и сигнализировать о необходимости предпринять следующие действия. Включить капельный полив почвы, включить лампы освещения.

Текущие значения температуры и влажности воздуха, увлажненности почвы и освещенности выводятся на дисплей. Для работы с дисплеем используются библиотеки контроллера Adafruit_GFX и Adafruit_PCD8544.

Разработанная принципиальная схема подключения системы управления микроклиматом тепличного комплекса (рис. 2).

При высоких температурах окружающей среды, для обеспечения температурного микроклимата теплицы, необходимо обеспечить отток воздуха. Это достигается установленными в форточках вентиляторами, где четыре вентилятора подключаются к управляющим реле.

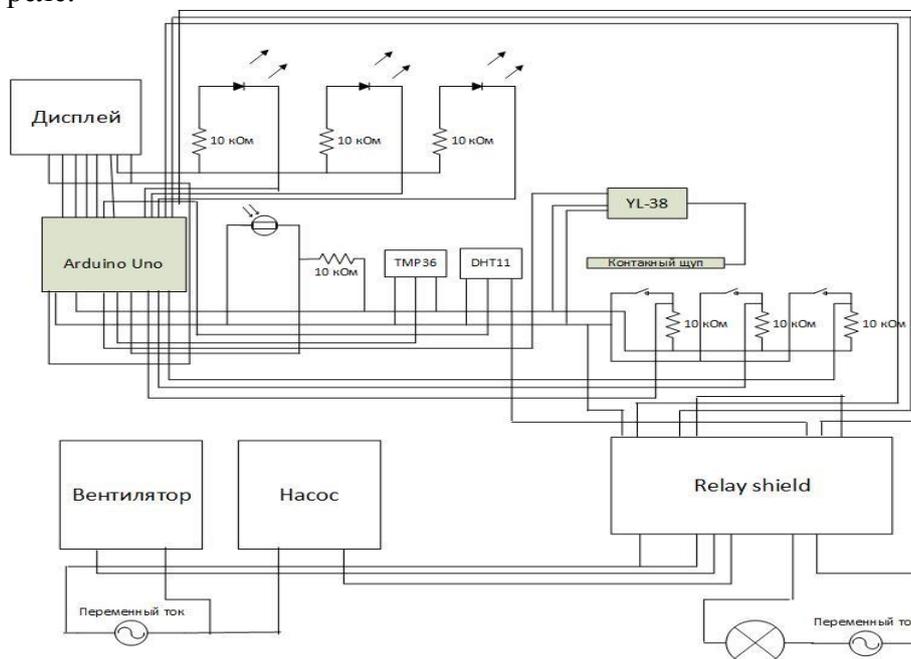


Рис. 2 – Полная принципиальная схема подключения системы управления микроклиматом в тепличном комплексе

Система капельного полива располагается вдоль гряд выращиваемых культур и подключена к насосу и датчику влажности. При срабатывании датчика влажности, коммутирующие реле включает насос и осуществляется полив в автоматическом режиме.

Разработанная система автоматизированного управления тепличным комплексом на торфяных субстратах имеет:

- гибкую систему настройки параметров для поддержания микроклимата;
- возможность постоянного мониторинга технологических параметров тепличного комплекса, таких как: температура воздуха и почвы, влажности почвы, освещённости и т.д.;
- полную автономность тепличного комплекса;
- простоту и доступность настройки технологических величин для любого пользователя;
- невысокую стоимость на приобретение и установку.

Таким образом, приведенная в работе система автоматического управления тепличным комплексом позволит сократить себестоимость сельскохозяйственной продукции, что является одним из факторов обеспечения конкурентоспособности малого и среднего бизнеса на рынке овощных культур.

Список литературы

1. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2017, № 5. – С. 105–117.
2. Нечаев В.И. Развитие инновационной деятельности в растениеводстве - М.: КолосС, 2017. - 867 с.
3. Лебедев В.В., Пухова О.В. Система автоматизированного управления технологическим процессом сушки торфа в камерах периодического действия. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 4. С. 29-35.
4. Калабеков Б.А. Методы автоматизированного расчета электронных схем в технике связи - Москва: СПб. [и др.] : Питер, 2017. - 272 с.

05.13.06

¹Т.В. Рзаева, ¹Л.А. Феоктистова канд. техн. наук,
¹А.Р. Фардеев канд. техн. наук, ²С.М. Егорова

¹Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
²Инженерно-экономический колледж,
Набережные Челны, tania14.11@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ КОНСТРУКЦИИ ФЕРМЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ПРОГРАММ SCAD

В статье приведены результаты расчета нагрузки собственного веса фермы линзообразного очертания, расчет равномерно распределённой постоянной нагрузки расположенной на всем пролёте, расчетные усилия в элементах фермы. С использованием графической среды синтеза расчетной схемы и анализа результатов дана положительная оценка возможности проектирования здания с пролетом 24м, при расчете несущих конструкций на максимально возможные нагрузки, где в качестве покрытия предложена деревянная сегментная линзообразная ферма.

Ключевые слова: клееная древесина, линзообразная ферма, строительные конструкции, несущие конструкции, проектирование.

С каждым годом в нашей стране и во всем мире [1] растёт рост объемов производства клееной древесины. Соответственно, постоянно расширяется ассортимент несущих деревянных конструкций путем совершенствования известных и разработки принципиально новых конструктивных решений. Интерес наряду с арочными покрытиями и рамами, представляют виды безраспорных конструкций. Одной из наиболее эффективных, в особенности для больших пролетов, является ферма с изогнутыми поясами, так называемая линзообразная [2,8].

Если сравнивать с другими видами ферм, то линзообразные имеют ряд особенностей и преимуществ, например, они отличаются относительной простотой изготовления и сборки, что снижает трудоемкость и сокращает сроки изготовления, что в свою очередь является экономически выгодным.

Целью является выбор покрытия клееной деревянной линзообразной фермой, проектируемого здания с большим пролетом 24 м, рисунок 1. Интерес представляется как с научно-практической точки зрения, так и с архитектурно-эстетической стороны, но для реализации этого проекта, необходимо провести проверку на прочность при заданных климатических нагрузках. Воспользуемся интегрированной системой прочностного анализа и проектирования конструкций SCAD и программой предназначенной для выполнения расчетов и проверок элементов деревянных конструкций ДЕКОР в соответствии с требованиями СНиП II-25-80 или СП 64.13330.2011[3,6].

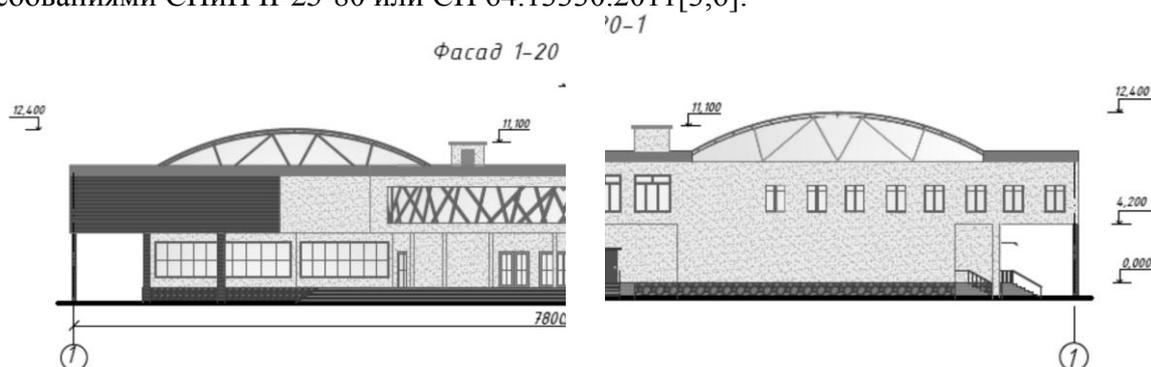


Рис. 1 - Фрагменты фасадов выставочного центра с использованием деревянной линзообразной фермы

Исходными данными для данной работы послужило проектируемое здание выставочного центра II уровня ответственности, коэффициент надежности по назначению $\gamma_n = 0,95$, оттапливаемое, с температурно-влажностными условиями эксплуатации по группе А1. При проектировании и расчетах необходимо было учитывать снеговые нагрузки, которые должна будет выдержать несущая конструкция. После подбора схемы линзообразной фермы, согласно проектным требованиям, определились с общими размерами фермы, рисунок 2. В результате проведенного анализа, выбор именно такой схемы фермы, дает возможность сконструировать значительно меньшие, по сравнению с другими типами решеток, поперечные сечения элементов, что сокращает затраты на изготовление конструкции, а это дает экономический эффект [3].

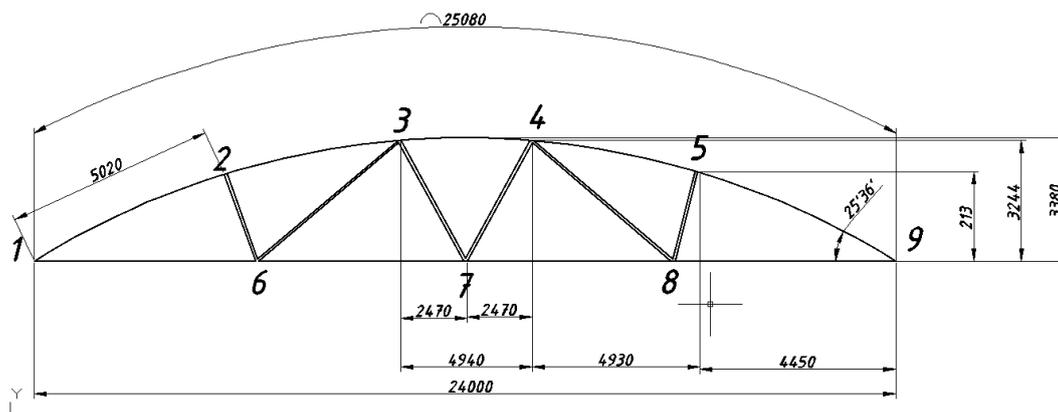


Рис. 2 - Геометрическая схема фермы

Верхний пояс линзообразной фермы неразрезной, поэтому примем расчетную схему, показанную на рисунке 2. При этом криволинейный верхний пояс заменяем прямолинейным - узлы верхнего и нижнего пояса соединяем прямыми линиями – хордами.

Статический расчет ферм ведется по общим правилам строительной механики на два вида нагружения:

- постоянная и временная (снеговая) нагрузка по всему пролету;
- постоянная нагрузка по всему пролету и временная (снеговая) на половине пролета;
- равномерно распределенная по всему пролету постоянная и по закону треугольников временная;
- равномерно распределенная по всему пролету постоянная и распределенная по закону треугольника на половине пролета временная;
- расчет усилий методом вырезания узлов.

Для определения нагрузки от собственного веса крыши был выполнен расчет настила согласно СП 20.13330.2011. В соответствии с СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* для здания со створчатыми покрытиями было рассмотрено три варианта нагружения.

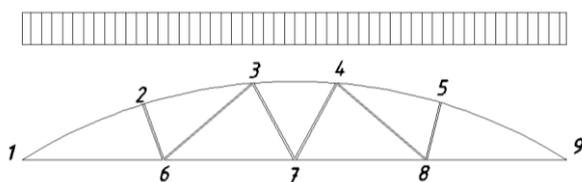


Рис.3, а - Первый вариант схемы снеговой нагрузки

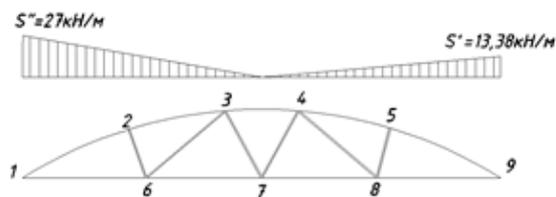


Рис.3, б - Второй вариант схемы снеговой нагрузки

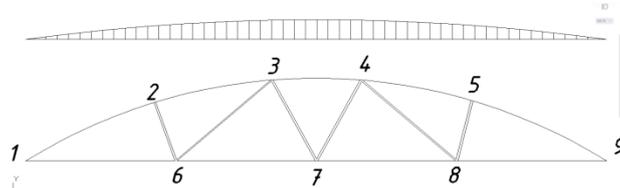


Рис.3, в - Третий вариант схемы снеговой нагрузки

Оказалось очевидным, что давление снега на ферму по третьему варианту загрузки менее эффективно первого варианта, т.к. ордината криволинейной эпюры на рисунке 3,в менее значения равномерного давления, показанного на рисунке 3,б. Следовательно, не имело смысла рассматривать третий вариант снеговой нагрузки в качестве расчетной.

Учитывая громоздкость вычислений, а также то, что авторами уже были проведены определенные расчеты и получены результаты [4], которые необходимы для использования в данной работе, приведем лишь некоторые моменты.

Определение расчетных усилий в элементах фермы выполним методом вырезания узлов, то есть определением усилий путем решения уравнений равновесия узла, выделенного из конструкции. Расчет равномерной распределительной снеговой нагрузки $s^I = 13,34 \text{ кН/м}$, расположенной на всем пролете и привели к сосредоточенным силам S_i в узлах фермы $S_1^I = S_9^I$, $S_2^I = S_5^I$, $S_3^I = S_4^I$. Равномерно распределенную постоянную нагрузку $g = 5,162 \text{ кН/м}$ приводим к сосредоточенным силам P_i через отношение распределенной постоянной нагрузки и аналогичной снеговой $K = 5,162/13,34 = 0,343$.

Распределенную снеговую нагрузку треугольного очертания привели к сосредоточенным силам S_i^{II} в узлах фермы. По выполненным расчетам выполняется проверка, где $\sum S_i^{II} = \sum R_i^{II} = 240,2 \text{ кН}$. В каждом узле фермы находим усилия от распределительной снеговой нагрузки S^I , аналогично находятся усилия S^{II} .

Надо заметить, что в панелях верхнего пояса возникают кроме продольных сил N еще и изгибающие моменты M . При неразрезном верхнем поясе расчетные изгибающие моменты в пролете и на опорах определяются как для неразрезной многопролетной балки с равными пролетами. Полученные результаты соединений слагаемых изгибающих моментов от $g = 5,162 \text{ кН/м}$ и $s^I = 13,34 \text{ кН/м}$, с учетом $K = 0,343$, и максимальные значения M в панелях верхнего пояса от снеговой нагрузки треугольного очертания сравнивали со сводом правил СНиП II - 25 - 80 (СП 64.13330 - 2011) «Деревянные конструкции» [5].

Вывод. Расчет и подбор сечения для каждого элемента фермы был выполнен с помощью программного обеспечения SCAD и САПР. Здесь же была произведена проверка результатов расчета. По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что выбранная конструкция, а именно деревянная сегментная линзообразная ферма, может быть выбрана в качестве покрытия для здания с пролетом 24м. И хотя, полученные результаты не превышают нормативных значений расчетной нагрузки, дополнительное усиление опорной площадки узлов опирания ферм, при проектировании зданий и сооружений с большими пролётами или в случаях нагружения снегом, превышающим нормированные значения для V снегового района строительства, следует считать возможным [4,5].

Список литературы

1. *Richmond Olympic Oval* [Электронный ресурс] // Naturally: wood. – Условия доступа: www.naturallywood.com/sites/default/files/Richmond-Olympic-Oval-Case-Study.pdf (дата обращения: 01.03.2020).
2. Турковский С.Б., Погорельцев А.А., Экнадосьян И.Л. Выбор конструктивной схемы линзообразных ферм из клееной древесины. Строительные материалы. №5, 2003г. 18-18с.
3. Свод правил СП 64.13330 - 2011 (актуализированная редакция СНиП II - 25 - 80) «Деревянные конструкции» – М.: ОАО «ЦПП» 2011.
4. Rzaeva Sabina M., Zonina Svetlana V., Feoknistova Lida A., Tatiana V. Rzaeva, Calculation and Design of the Wooden Lens-Shaped Truss with the Value of Snow Load on the Horizontal Ground Surface 3.2 Кра. HELIX. - 2018. - Vol.8, Is.1. - P.2516-2521.
5. Свод правил СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*) - М.: ОАО «ЦПП» 2011.

05.13.06

¹П.М. Салов д-р техн. наук, ¹Л.В. Селиверстова канд. педагог. наук, ¹Е.А. Терентьев,
²Т.Г. Виноградова канд. техн. наук, ¹С.С. Сайкин канд. физ.-мат. наук,
¹П.Е. Баданов, ¹Е.С. Алексеев

¹Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова,
²Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета,
tavin2008@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПРИ АЛМАЗНОМ ХОНИНГОВАНИИ

Разница в средних температурах по объему тонкостенных и сложно-фигурных деталей на 30-50°C приводит в процессе хонингования к изменению диаметров. Последующая усадка искажает их форму, нередко свыше предельных величин. Целью исследований явилось определение зависимости усредненных температур от условий хонингования.

Ключевые слова: алмазные бруски, нагревание заготовок, точность, режимы резания, охлаждение.

Алмазное хонингование широко применяется при изготовлении ответственных деталей машин. Оно обеспечивает высокую точность и малую шероховатость поверхности при значительном снижении температур и усилий по сравнению с неалмазным [1, 2].

В производстве используют более 10 алмазных связок [1 - 6], которые условно можно разделить на металлические М1, М73, (М5-01), МВ5 и металлосиликатные МС1, МС2, МС3, МСЗМ (М5-05), где обозначения в скобках соответствуют новому стандарту. Их оптимальность оценивается, как правило, по двум параметрам – производительности и шероховатости обработанной поверхности [1 - 7]. Роль теплового фактора не учитывается. Данная работа восполняет этот пробел.

Исследования производились на вертикально-хонинговальном станке 3Г833 при обработке гильз с внутренним диаметром 55-65 мм, длиной 300 мм, устанавливаемых на динамометре. Измерялся крутящий момент и осевая сила. Для измерения температуры гильза разрезалась под углом 30 ° к плоскости горизонта. В разрез вставлялось кольцо с удлиненным хвостовиком для подключения провода. Кольцо толщиной 0,5 мм вырезалось из никелевой пластины. Оно обклеивалось по торцам текстолитовыми прокладками толщиной 0,1 мм. Далее конструкция собиралась с помощью штифтов и болтов. Вторым термоэлектродом полуйскусственной термопары служила сама втулка. Места соединений проводов с никелевым хвостовиком и материалом гильзы располагались в зонах, где температура была равна температуре смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

Тарировка термопары проводилась с помощью пирометра ЕЛИТЕН П550. Сигнал усиливался и фиксировался компьютером. Методика измерения заимствована из работ [3 - 6].

Алмазные бруски правились в сборе электроискровым методом, а затем прирабатывались в режиме хонингования грубо расточенных ($R_z = 100 \dots 200$ мкм) чугуновых гильз [5, 6].

Бруски АБХ 100×8×4×1,5 R27 приклеивались к колодкам эпоксидным клеем. В качестве наполнителя применялся железный порошок, что обеспечивало электропроводимость в цепи термопары, а также в цепи правки. При хонинговании горячий спай термопары – кольцо всегда находилось в контакте с алмазными брусками, фиксируя их усредненную температуру.

В качестве СОЖ применялся 5 % водный раствор МСК-5у (натриевая соль кислого гудрона плюс дизельные щелочные отходы, азотнокислый натрий в отличии от МСК-5 заменен на азотистокислый). Она обеспечивает большую производительность, чем другие исследуемые, а также меньшую температуру процесса. Аквахон (МАГ), 1 % водный раствор, обеспечивает меньшую производительность и несколько большую теплонапряженность. Оба состава вызывают коррозию. Целесообразны для обработки нержавеющей сталей.

При обработке чугуна и конструкционных сталей применялась масляная СОЖ АРИАНОСМ 1, которая при снятии небольших припусков при небольших удельных давлениях на бруски обеспечивает меньшую теплонапряженность процесса. При их увеличении бруски склонны к засаливанию и значительно увеличивается теплонапряженность процесса.

Полученные зависимости средней контактной температуры θ от окружной скорости хона V_0 , скорости возвратно-поступательного движения хона $V_{ВП}$, удельного контактного давления p и продолжительности хонингования τ приведены на рисунке.

Как видно из приведенных зависимостей, увеличение V_0 от 30 до 70 м/мин при хонинговании стали 1Х17Н2 (HRC20-25) вызывает увеличение контактной температуры почти на 40°C. Это свидетельствует об ограничении применения больших окружных скоростей хона при хонинговании незакаленных сталей. Изменение же скорости $V_{ВП}$ с 6 до 11 м/мин на контактную температуру оказывает незначительное влияние.

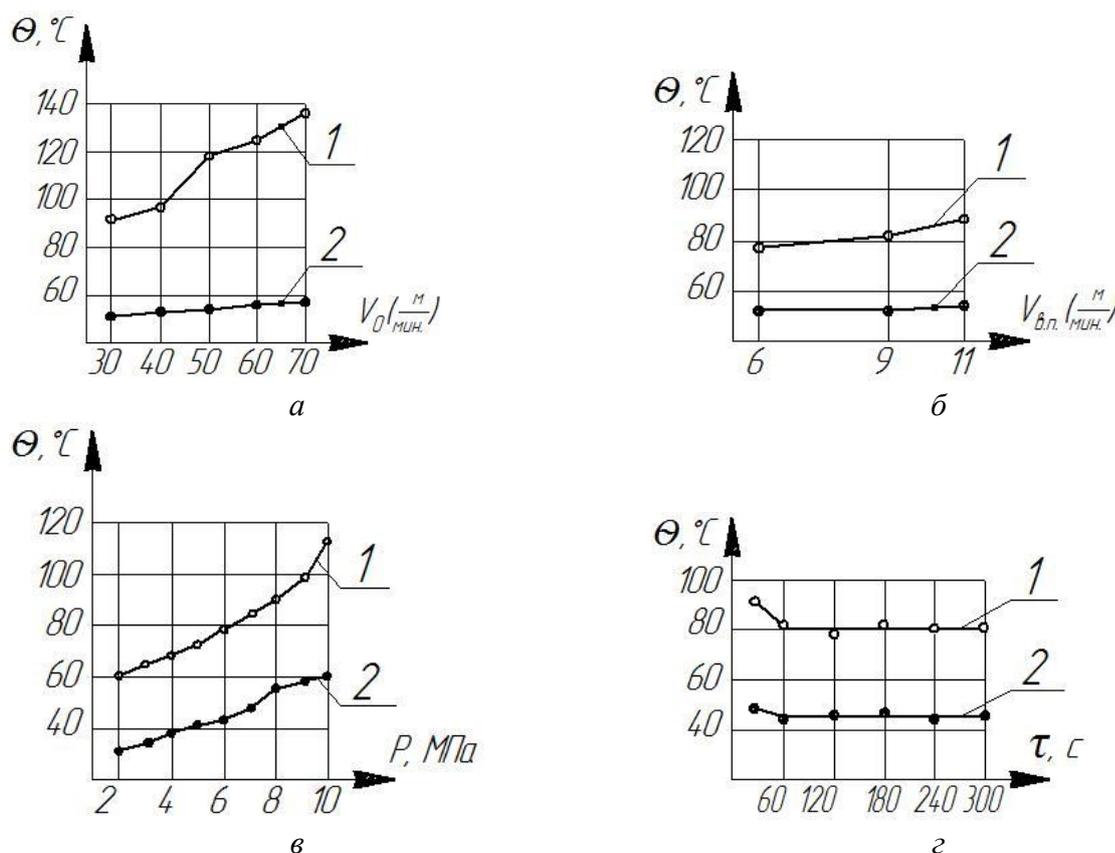


Рис. - Зависимости контактной температуры от режимов хонингования:
 а – $V_{ВП} = 9$ м/мин; $\tau = 60$ с; 1 – $p = 0,6$ МПа; 2 – $p = 0,7$ МПа;
 б – $\tau = 60$ с; 1 – $p = 0,6$ МПа; $V_0 = 40$ м/мин; 2 – $p = 0,7$ МПа; $V_0 = 50$ м/мин;
 в – $V_0 = 50$ м/мин; $V_{ВП} = 9$ м/мин; $\tau = 60$ с;
 г – $V_{ВП} = 9$ м/мин; 1 – $p = 0,6$ МПа; $V_0 = 40$ м/мин; 2 – $p = 0,7$ МПа; $V_0 = 50$ м/мин.
 1 – сталь 1Х17Н2;
 2 – сталь 12ХН3А; Бруски АБ×100×8×4×1,5 R27, АСВ 100/80 – МС15 – 100.

Исследования зависимости контактной температуры от удельного давления показали, что с увеличением p с 0,2 до 0,9 МПа температура до определенной величины удельного давления растет равномерно (при обработке незакаленных сталей до 0,5 МПа, закаленных сталей до 0,7 МПа), а затем происходит резкое ее увеличение. Это, по-видимому, объясняется как ухудшением стружкоотвода, так и увеличением силы трения связи об обрабатываемое изделие.

При исследовании влияния продолжительности процесса хонингования на контактную температуру установлено, что после 45-60 с работы температура стабилизируется и остается

постоянной. Значительное влияние на температуру резания оказывает вид связки хонинговальных брусков.

При хонинговании брусками на связках М1, МС1, МС2, МС3, и МС15 контактная температура изменяется в пределах 82-100°С, при обработке стали 1Х17Н2 (HRC20-25) и 40-61°С при обработке стали 12ХН3А (HRC56-63). Наименьшая температура наблюдалась при хонинговании брусками на связке МС1 стали 1Х17Н2 и на связке МС15 – стали 12ХН3А.

Выводы

1. Измерение температуры методом полусинтетической термопары при хонинговании является эффективным.

2. Полученные зависимости температуры от окружной скорости и скорости возвратно-поступательного движения, удельного давления и продолжительности обработки имеют практическое значение для определения рациональных режимов хонингования.

3. Наиболее существенное влияние на контактную температуру при хонинговании оказывают удельное контактное давление и окружная скорость хона.

4. СОЖ на водной основе способствуют лучшему самозатачиванию брусков, чем на масле.

Список литературы

1. Прогрессивные методы хонингования/ С.И. Куликов, Ф.Ф. Ризванов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевский. – М.: Машиностроение. 1983. – 135 с.
2. Фрагин, И.Е. Новое в хонинговании/ И.Е. Фрагин. – М.: Машиностроение, 1980. – 96 с.
3. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах: Учебник/ А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение. 1990. – 288 с.
4. Носенко, В.А. Технология шлифования металлов: монография/ В.А. Носенко, С.В. Носенко. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 616 с.
5. Увеличение ресурса машин технологическими методами/ В.А. Долецкий, В.Н. Бунтов, Ю.А. Леченкин и др. – М: Машиностроение. 1978. – 216 с.
6. Салов, П.М. Состав и выбор связок для алмазных брусков/ П.М. Салов, Е.П. Шалунов, А.Л. Матросов// матер. II республиканской научно-практической конференции «Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии». – Чебоксары: Чув. гос. ун-т, 2016. – С. 126-131.
7. Свойства и структура связки на основе механолегированных гранул меди для изготовления алмазного инструмента/ В.М. Смирнов, Д.А. Тимофеев, Е.П. Шалунов и др.// матер. II республиканской научно-практической конференции «Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии». – Чебоксары: Чув. гос. ун-т, 2016. – С. 183-188.

05.13.06

¹Р.Р. Саубанов канд. техн. наук, ²С.С. Сыркин, ¹В.В. Звездин д-р техн. наук,
³Р.М. Хисамутдинов д-р техн. наук, ¹С.М. Портнов канд. техн. наук

¹Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов,
²Лениногорский филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,
кафедра Машиностроения и Информационных технологий,
³Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедры конструкторско-технологического обеспечения
машиностроительных производств

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

В статье представлены результаты исследований по лазерной сварке конструкций. Технологический процесс сварки проводится в защитной атмосфере инертных газов. Грубое наведение луча осуществляется робототехническим комплексом до момента попадания точки «начало сварки» в поле зрения системы технического зрения, которая встроена в технологическую головку. Прецизионное позиционирование фокуса луча на шве обеспечивается перемещением фокусирующей линзы на определенный угол пьезоприводом. Приведены результаты металлографических исследований сварного шва стали 12Х2Н4А.

Ключевые слова: *лазерная сварка; прецизионное наведение на стык; система технического зрения; система автоматизированного управления; сварка сталей.*

На современных машиностроительных предприятиях в условиях новых экономических требований успешно развиваются технологии, связанные с использованием роботизированных лазерных технологических комплексов (РЛТК). [1,2].

Лазерная сварка может выполняться в автоматическом режиме, это снижает влияние человеческого фактора, что оказывает существенное влияние на качество выпускаемой продукции.

Основными регулируемыми параметрами РЛТК, влияющими на показатели качества ЛС, являются подводимая электрическая мощность, положение фокуса лазерного излучения и скорость перемещения ЛИ относительно стыка свариваемых деталей. Известно, что объем зоны термического влияния (ЗТВ), зависит от теплофизических свойств металла, энергетических характеристик ЛИ, а также плотности мощности энергетического потока ЛИ и времени ее воздействия. Необходимо рассматривать РЛТК как совокупность взаимодействующих между собой звеньев сложной системы, участвующих в формировании качества сварного шва. К показателям качества ТП ЛС относятся микротвердость, глубина шва, отсутствие непроплавов, пор, раковин и т. д. зоны воздействия ЛИ на металл.

Позиционирование фокуса ЛИ на точку начала сварки осуществляется приводом РЛТК по X, Y, Z. Прецизионное позиционирование фокуса ЛИ на точку начала сварки и во время сварки осуществляется пьезоприводом поворота фокусирующей линзы. Автоматизированная система управления (АСУ) производит регулирование мощности излучения ЛИ в зависимости от толщины детали, ширины стыка и изменения напряжения питающей сети.

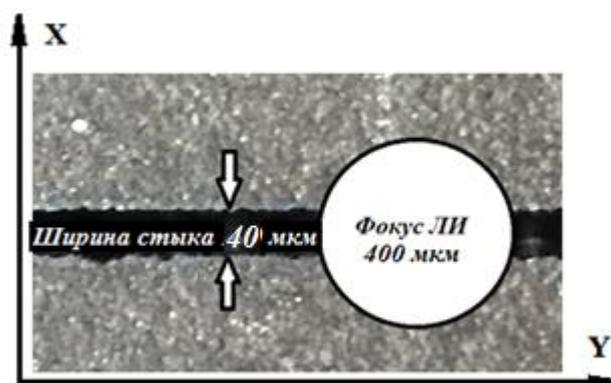


Рис. 1. Положение фокуса ЛИ на стыке свариваемых элементов конструкции

С учетом нормального закона распределения энергии ЛИ в пятне, максимально допустимое отклонение фокуса ЛИ от стыка не должно превышать ± 10 мкм, что не может обеспечить РЛТК (± 50 мкм).

Отраженное излучение лазера подсветки от поверхности свариваемых элементов конструкции через оптическую систему фокусируется на площадках МФП, где происходит его преобразование в электрический аналоговый сигнал, усиливается в блоке усилителей и посредством аналогового коммутатора преобразуется из параллельного кода в последовательный. В АЦП происходит преобразование аналогового сигнала в цифровой. Далее через интерфейс поступает на ЭВМ, где по заданному алгоритму происходит его обработка и выдача управляющих сигналов на стойку ЧПУ и УИП. Затем фокус лазерного излучения (ЛИ), генерируемого в волоконном иттебиевом лазере ЛС 20 (лазерные диоды, система накачки, волоконный кабель, лазерная головка ЛС 20), наводится на стык свариваемых элементов. Прецизионное наведение и контроль положения фокуса ЛИ на стыке свариваемых элементов конструкции осуществляется пьезоприводом с управлением СТЗ.

На рисунке 2 показана функциональная схема прецизионного наведения фокуса ЛИ на стык свариваемых элементов конструкции.

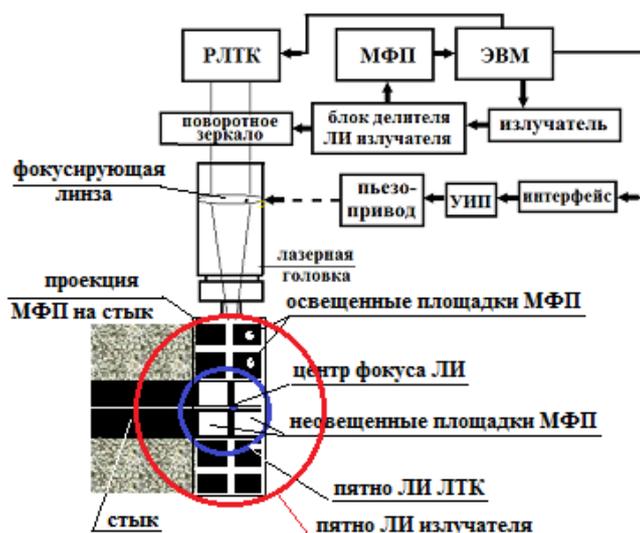


Рис.2. Функциональная схема прецизионного наведения фокуса ЛИ на стык свариваемых элементов конструкции

Лазерная головка установлена на РЛТК, который по программе осуществляет перемещение фокуса ЛИ по стыку свариваемых элементов конструкции. Система технического зрения (СТЗ) обеспечивает слежение за положением фокуса ЛИ относительно стыка свариваемых элементов конструкции и выдачи сигнала отрицательной обратной связи (сигнал управления) на пьезопривод, который изменяет угол наклона фокусирующей линзы [4], обеспечивая смещение фокуса ЛИ относительно стыка. Проведено

математическое моделирование распределения температурного поля при лазерной сварки стали 12Х2Н4А с использованием программного пакета STAR-CCM+v 13.

Моделирование процесса лазерной резки и сварки стали 12Х2Н4А реализовывалось с помощью многофазной модели жидкости (ММЖ), основанной на методе фиксации поверхности раздела фаз при воздействии пучка концентрированной энергии и определяющей распределение и перемещение несмешивающихся фаз.

При соблюдении предельных точностей изготовления свариваемых образцов и позиционирования фокуса ЛИ гарантируется попадание зоны сварки в зону газовой защиты.

Для точного наведения на стык используется система технического зрения. Они позволяют распознать стык и навести на него технологический инструмент с высокой точностью (0,01 мм).

Список литературы

1. Москвитин Г.В., Поляков А.Н., Биргер Е.М. Применение методов лазерной сварки в современном промышленном производстве // Сварочное производство. 2012. № 6. С. 36—47.
2. Лопота В.А., Туричин Г.А., Цибульский И.А., Земляков Е.В., Валдайцева Е.А. Новые технологии термообработки, сварки и наплавки материалов с использованием волоконных лазеров большой мощности // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 10. С. 6-13.
3. A system for automatic control of precision laser welding in engineering / Grigoryants A.G., Perestoronin A.V., Portnov S.M., Zvezdin V.V., Israfilov I. *Welding International*. 2015. Т. 29. № 10. С. 801-804.
4. Modeling and calculation of the control unit for the focus position at laser-field welding Bashmakov D.A., Israfilov I.K., Zvezdin V.V. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Т. 13. № 6. С. 2195-2201.
5. Management of laser welding based on analysis informative signals Zvezdin V.V., Rakhimov R.R., Saubanov R.R., Israfilov I.H., Akhtiamov R.F. В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. С. 012073.
6. A system for automatic control of precision laser welding in engineering / Grigoryants A.G., Perestoronin A.V., Portnov S.M., Zvezdin V.V., Israfilov I. // *Welding International*. 2015. Т. 29. № 10. С. 801-804.
7. Improvement of combined laser-plasma welding / Zvezdin V.V., Zamorskiy V.V., Pesoshin V.A., Aleev R.M., Saubanov R.R. // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2015. Т. 58. № 9-2. С. 36-39.

05.13.06

¹С.С.Сыркин, ²В.В. Звездин д-р техн. наук, ³Р.М. Хисамутдинов д-р техн. наук,
²Р.Р. Саубанов канд. техн. наук

¹Ленинградский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»,
кафедра Машиностроения и Информационных технологий,

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов,

³Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета,
кафедра конструкторско-технологического обеспечения
машиностроительных производств

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ФРЕЗЫ

Автоматизация технологического процесса восстановления режущей кромки инструмента является одним из методов повышения его качества и жизненного цикла. Процесс восстановления заключается в последовательности технологических операций. Это наплавка, заточка, лазерное упрочнение и нанесение защитного покрытия на поверхность инструмента, что повышает его износостойкость. Задача по наплавке зубьев фрезы с получением заданных показателей качества решается за счет использования роботизированного лазерного технологического комплекса и прецизионного наведения фокуса лазерного излучения на точку начала обработки. Это осуществляется пьезоприводом и системой технического зрения.

Ключевые слова: *лазерная наплавка, зуб фрезы, роботизированный лазерный технологический комплекс, прецизионное наведение фокуса ЛИ, пьезопривод, система технического зрения.*

Качество инструмента определяет конкурентоспособность изделий машиностроения. При ускорении технологического процесса (ТП) резания износ режущей кромки инструмента повышается и снижается его стойкость. Стоит задача по восстановлению зубьев фрезы и повышению его стойкости. Разработка технологии восстановления РКИ является актуальной задачей. Одной из основных технологических операций (ТО) ТП восстановления зубьев фрезы является лазерная наплавка (ЛН). [3,4].

На основе результатов проведенных исследований предложен новый способ восстановления РКИ с лазерной наплавкой режущих граней фрезы [3].

Лазерная наплавка проводилась с использованием РЛТК Робот является основным устройством перемещения лазерной оптической головки. Робот с контроллером, пультом дистанционного управления с соединительным кабелем длиной 10 м. Интерфейс (программное обеспечение) обеспечивает управление мощностью лазерного излучения (ЛИ), позиционированием по двум осям, с вращением и точностью позиционирования $\pm 0,06$ мм.

Установка фокуса ЛИ в начальную точку осуществляется с помощью приводов поворотного стола и РЛТК. Лазерная головка установлена на робототехническом комплексе (РТК), который по программе осуществляет перемещение фокуса ЛИ по заданному контуру зуба фрезы.

Система технического зрения (СТЗ) обеспечивает контроль положения фокуса ЛИ в исходной точке зуба, чувствительным элементом которой является матричный фотоприемник (МФП). Прецизионное наведение фокуса ЛИ на точку начала обработки пьезоприводом.

Чувствительный слой многоэлементного координатного фотоприемника (МКФ) состоит из нескольких отдельных элементов заключенных в одном корпусе. Применение МКФ упрощает построение некоторых типов оптико-электронный преобразователь (ОЭП), так как исключает механическое сканирование. Просмотр углового поля зрения в ОЭП с МКФ осуществляют с помощью быстродействующих коммутаторов, подключающих отдельные элементы к входу электронного тракта обработки сигнала.

Расчет активного сопротивления фоточувствительного слоя ФП показывает его зависимость от площади освещенности

$$R_{\Phi P} = \frac{\rho_n \rho_o l^2}{dl[(x - \Delta x)\rho_n + \Delta x \rho_o]} = \frac{\rho_n \rho_o l^2}{d[(S_n - S_n)\rho_n + S_n \rho_o]}, \quad (1)$$

где R_{Φ} – сопротивление фоточувствительного слоя, ρ_n , ρ_o – удельное сопротивление соответственно неосвещенного и освещенного участков ФП, l – длина фоточувствительной площадки, S_n , S_n – площадь фоточувствительного слоя соответственно полной и неосвещенной поверхностей ФП.

При отклонении светового пятна ЛИ подсветки от стыка, изменяется соотношение между освещенной и неосвещенной поверхностью площадок ФП. Это приводит к изменению соотношения между сопротивлениями площадок ФП. Поворот ФП на угол $\Delta\phi$ позволяет уравновесить эти соотношения, а также по разработанному алгоритму рассчитать управляющий сигнал на привод оптической системы (ОС) ЛИ с учетом пространственного положения МФП и ОС ЛТК.

Условное отображение устройства наведения и прецизионного перемещения фокуса ЛИ по вершине зуба фрезы с проецированием отраженного ЛИ вспомогательного полупроводникового лазера на плоскости много площадочного МФП представлено на рисунке 1.

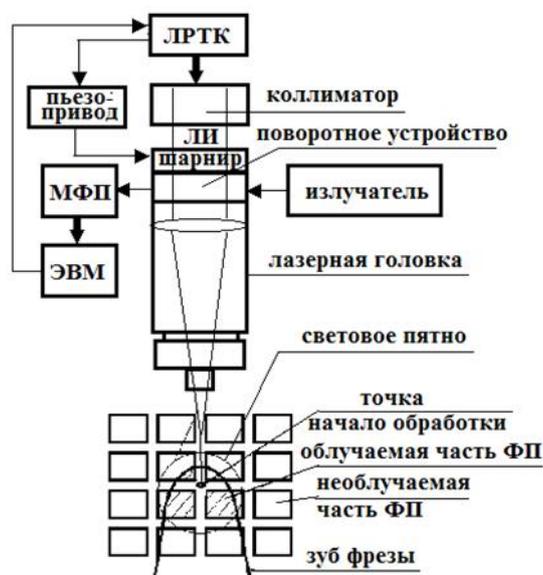


Рис. 1. Структурная схема устройства наведения и прецизионного перемещения фокуса ЛИ по вершине зуба фрезы с проецированием отраженного ЛИ вспомогательного полупроводникового лазера (излучатель) на плоскости много площадочного (матричного) фотоприёмника

Чувствительный слой многоэлементного координатного фотоприемника (МКФ) состоит из нескольких отдельных полупроводниковых элементов заключенных в одном корпусе.

Применение МКФ упрощает построение некоторых типов оптико-электронный преобразователь (ОЭП), так как исключает механическое сканирование.

При отклонении светового пятна ЛИ подсветки от точки начала обработки, изменяется соотношение между освещенной и неосвещенной поверхностью площадок МКФ. Это приводит к изменению соотношения между сопротивлениями площадок ФП. Поворот ФП на угол $\Delta\varphi$ позволяет уравновесить эти соотношения, а также по разработанному алгоритму рассчитать управляющий сигнал на привод ОГ ЛИ с учетом пространственного положения МФП и ОГ РЛТК.

Наплавка осуществлялась ЛИ порошка VoroTec Eutalloy® 10009. Наплавленный слой имеет толщину менее 0,5 мм, при глубине ЗТВ около 0,2 мм. Наплавленный слой не должен содержать дефектов (пор, раковин, трещин) и иметь хорошую прочность сцепления наплавленного слоя с основой.

Восстановление инструмента за счет ЛН порошков является более совершенным с точки зрения автоматизации процесса.

На рисунке 2 представлен график изменения микротвёрдости в единицах $HV_{0,05}$ по глубине после лазерной наплавки зубьев фрезы инструментальной стали P18K5Ф2.



Рис. 2. График изменения микротвёрдости в единицах $HV_{0,05}$ по глубине после наплавки

Для мелкосерийного производства экономически эффективно провести ТП восстановления зубьев фрезы и проводить заточку с последующей лазерной закалкой.

Список литературы

1. Precise Positioning of Laser Spot in the Restoration of Hob Teeth (статья в Scopus) / V.V. Zvezdin, R.M. Khisamutdinov, V.A. Grechishnikov, V.A. Pesoshin, R.R. Saubanov, M.V. Pashkov, S.S. Syrkin // Russian Engineering Research 2019, Vol. 39, No 7, pp. 339-341.
2. Method of control position of laser focus during surfacing teeth of cutters / V.V. Zvezdin, R.M. Hisamutdinov, R.R. Rakhimov, I.H. Israfilov, R.F. Akhtiamov // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials 2016, ISTC-IETEM 2016" 2017. С. 012072.
3. Лазерная наплавка специальных порошков для повышения износостойкости зубьев фрезы / Р.М. Хисамутдинов, В.В. Звездин, М.Р. Хисамутдинов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 4-3. С. 482-485.
4. Патент. Способ лазерного восстановления режущей кромки зубьев фрезы / Звездин В.В., Хисамутдинов Р.М., Саубанов Руз. Р., Хуснуллин А.Р. // RU пат. №2707005 С1, МПК В23К/26/342, В23К 26/146, В23К 26/70; Заявлено 30.04.2019; Опубл. 21.11.2019; Приоритет 30.04.2019. Бюл. №33

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)**

05.13.11

**Г.А. Гареева канд. педагог. наук, Д.Р. Григорьева канд. педагог. наук,
Р.Р. Басыров канд. техн. наук**

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Набережночелнинский институт,
экономическое отделение,
кафедра экономики предприятий и организаций,
gagareeva1977@mail.ru

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Клининговая сфера услуг является одной из наиболее перспективных и быстроразвивающихся отраслей экономики. Основной целью деятельности компаний является удовлетворение общественной потребности в клининговом обслуживании граждан и предприятий. Предметом исследования является реинжиниринг деловых процессов компании, и в частности делового процесса «Оказание клининговых услуг». Целью проекта является проектирование подсистемы «Управление оказанием платных клининговых услуг» и разработка задачи «Учет фактических объемов оказания услуг». В работе произведена оценка управленческой и экономической эффективности внедрения данной задачи.

Ключевые слова: *клининг, управление, программное обеспечение, оказание услуг, реинжиниринг.*

Актуальность данного исследования заключается в том, что клининговая услуга относится к числу развивающихся сфер государства, так как чистота и здоровье представляет и самостоятельную ценность и в то же время выступает важной составляющей общего социально-экономического потенциала страны. Активное вторжение рыночных отношений в клининговую сферу, её ориентация на интересы клиентов, придание клининговым компаниям большей самостоятельности, появление негосударственного сектора клининга поставили перед системой управления новые, ещё вчера казавшиеся несвойственными ей задачи [1].

Клининг - это довольно новый вид бизнеса. Это уборка помещений по высшим европейским стандартам специально обученными специалистами на профессиональном оборудовании, предоставление клиенту сервиса высочайшего уровня с максимальным профессионализмом.

Основной целью деятельности компаний является удовлетворение потребности в клининговом обслуживании граждан и предприятий. Основными потребителями услуг ООО «Фаско Инжиниринг» является население города Набережные Челны и Нижнекамского района. Плановая мощность компании составляет 43 посещения в смену.

Проблемы, решение которых актуально для предприятия:

- Компания испытывает трудности в специализированных кадрах.
- Недостаточность укомплектованности персонала физическими лицами.
- Отсутствие информационной системы платных услуг.

Основной целью реинжиниринга бизнес-процессов является качественное улучшение отдельных направлений деятельности компании. На основе установленных бизнес-процессов предприятия и их понимания проектируется система управления предприятием – создается стандарт управления предприятием. Каждая бизнес – задача имеет своего исполнителя (владельца) [2].

Для оптимизации организационной структуры используется структурный подход. Процесс структурной оптимизации сводится к учету большого количества задач бизнес-процессов, которые, в свою очередь, взаимодействуя между собой, связывают все бизнес-процессы предприятия. Реализация этих задач в таком взаимодействии приводит к возникновению синергетического эффекта.

К методам и направлениям совершенствования деятельности предприятия относятся:

1. Повышение эффективности выполнения ключевых бизнес-процессов, обеспечение постоянного контроля показателей деятельности и достоверность управленческой информации — качественное решение этих задач сегодня невозможно представить без использования современных корпоративных бизнес-приложений.

2. Организационная деятельность – часть управленческой деятельности, задачей которой является обеспечение достижения целей.

3. Совершенствование оценки эффективности системы управленческого учета должно содействовать решению проблем в функционировании системы управленческого учета, которые, в свою очередь, препятствуют повышению эффективности деятельности предприятия в целом.

4. Снижение себестоимости может произойти при создании автоматизированных систем управления, использовании ПК, совершенствовании и модернизации существующей техники и технологии. Уменьшаются затраты и в результате комплексного использования сырья, применения экономичных заменителей, полного использования отходов в производстве. Большой резерв таит в себе и совершенствование продукции, снижение ее материалоемкости и трудоемкости, снижение веса машин и оборудования, уменьшение габаритных размеров и др.

В процессе реинжиниринга были выделены следующие деловые процессы: управление, финансы, главный бухгалтерский учет, обеспечение трудовыми ресурсами, оказание клининговых услуг, материально-техническое обеспечение, энергообеспечение, социальное обеспечение, ремонтное обеспечение, информационное обеспечение, обеспечение основной деятельности.

Для всех деловых процессов были выделены бизнес-задачи. Все задачи деловых процессов взаимосвязаны между собой по временной шкале и по объектным потокам. Для того чтобы показать эту связь были построены организационно – логические схемы [3].

Процессно-задачная технология управления деловыми процессами основана на продуктовой модели организации деловых процессов. Основным элементом управления в этом случае является бизнес-задача и продукты ее решения.

Авторами проведен предпроектный анализ деятельности ООО «Фаско Инжиниринг», в котором отражена характеристика предприятия, виды деятельности, характеристика трудовых и других используемых ресурсов. Описаны основные цели и новые проекты для достижения поставленных стратегических целей. Проведен анализ бизнес-процессов ООО «Фаско Инжиниринг». Определены основные деловые процессы [4].

Каждый деловой процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных задач. Для ООО «Фаско Инжиниринг» выделены основные задачи всех деловых процессов, которые классифицированы по функциям менеджмента. Так как каждая задача бизнес-процесса имеет входной поток и выходной результат, причем результаты решения одной задачи могут использоваться для решения других задач, то определены и структурированы информационные массивы, по которым происходит взаимосвязь всех бизнес-процессов и составлены 5 схем взаимодействия основных деловых процессов ООО «Фаско Инжиниринг».

После анализа деятельности предприятия выявлено, что компания нуждается в технологической модернизации. А именно во внедрении новых автоматизированных оборудований, для повышения производительности труда.

Проектирование информационной системы предприятия осуществляется на основе процессно-задачного подхода к управлению предприятием, это подразумевает выделение подсистем, задач подсистем информационной системы соответственно на основе задач бизнес-процессов предприятия.

При проектировании подсистемы «Оказание клининговых услуг» сначала раскрыта организационно-логическая сущность решения задач данной подсистемы, определены внутренние и внешние информационные связи задач подсистемы, построены информационно-технологические схемы решения каждой задачи и схема взаимосвязи задач подсистемы «Оказание клининговых услуг» [5].

Произведена разработка задачи «Учет фактических объемов оказания услуг» подсистемы «Оказание клининговых услуг». В ходе ее разработки раскрыта организационно-логическая сущность решения данной задачи, выделены информационные массивы задачи и приведена их структура (структуры входных и выходных информационных массивов), построена объектная модель базы данных и произведена программная реализация задачи с помощью 1С: Предприятие 8.2.

Проведена оценка управленческой и экономической эффективности использования программной разработки задачи «Учет фактических объемов оказания услуг». После расчета затрат на проектирование, разработку и внедрению задачи необходимы капиталовложения в размере 101371 рублей. Экономия составляет 11336,5 рублей. Результаты внедрения можно охарактеризовать эффективными, так как интегральные показатели экономической эффективности проекта в горизонте расчета 1 года (12 месяцев) равны: чистый текущая стоимость проекта – 11604,4 руб.; срок окупаемости (дисконтированный) – 9,8 месяцев; срок окупаемости (простой) – 9,5 месяцев.

Список литературы

1. *Громов Ю.Ю., Дидрих И.В., Иванова О.Г., Ивановский М.А., Однолько В.Г.* Информационные технологии: учебник. – Тамбов: изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 260 с.
2. *Гвоздева В.А.* Основы построения автоматизированных информационных систем: учебник. Базовые и прикладные информационные технологии: учебник. - Москва: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2020. - 384 с.
3. *Гареева Г.А., Григорьева Д.Р., Лысанов Д.М.* Forecasting techniques in the research rail market. International journal of applied engineering research. 2016. Т. 11. №21. С. 10472-10474.
4. *Гареева Г.А., Григорьева Д.Р., Ямалетдинова И.И., Фатихов И.Ф.* Взаимодействие пользователей информационного ресурса 1С: ИТС и 1С: Битрикс управление сайтом. Научно-технический вестник Поволжья. 2018.- № 1. С. 118-121.
5. *Григорьева Д.Р., Гареева Г.А., Ишимова А.Ю.* Применение компьютерных технологий в статистических методах на примере анализа цен на полимерную продукцию. Научно-технический вестник Поволжья. 2017. – № 1. С. 77-79.

05.13.11

Сюй И., Д.В. Бережной д-р физ.-мат. наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, хуq_1988@hotmail.com, berezhnoi.dmitri@mail.ru

**ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ
ПРИ РАСЧЕТЕ СТУПЕНЧАТОГО ЗАКЛЕПОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ**

В работе представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния в ступенчатом заклепочном соединении двух ступенчатых пластин из титана и углепластика. Предполагается возможность упругопластического деформирования стальных заклепок, между пластинами в соединении реализуются условия контактного взаимодействия.

Ключевые слова: упругопластическое деформирование, контактное взаимодействие, метод конечных элементов.

Расчетная область представляет собой ступенчатое заклепочное соединение пластин из титана и углепластика (рисунок 1).

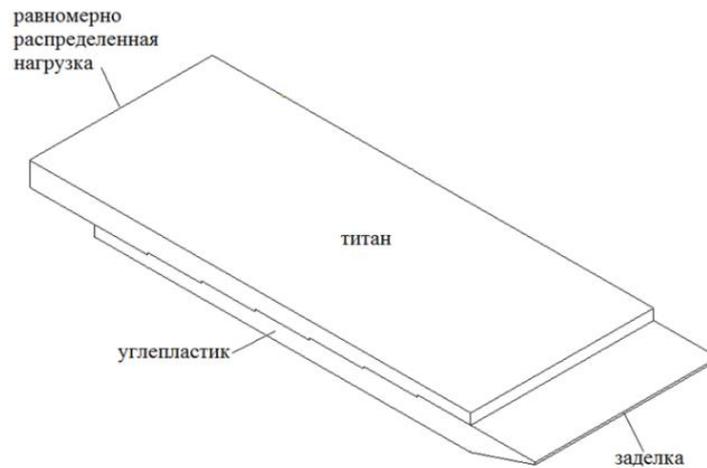
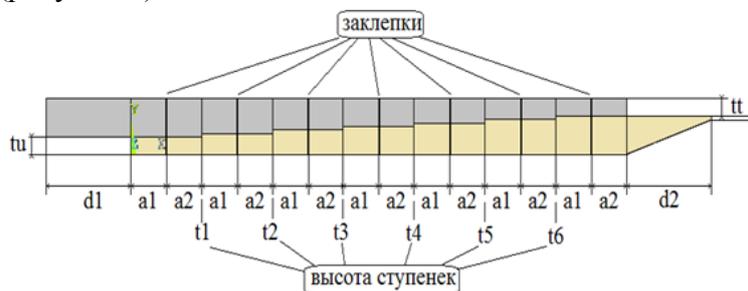


Рис. 1 – Общий вид расчетной области

Пластины соединены друг с другом при помощи четырех рядов предварительно сжатых стальных заклепок (рисунок 2).



c							
c	25	21	17	13	9	5	1
c							
c	26	22	18	14	10	6	2
c							
c	27	23	19	15	11	7	3
c							
c	28	24	20	16	12	8	4

Рис. 2 – Схема расположения заклепок в соединении: а – вид сбоку, б – вид сверху

Между пластинами реализуется механизм контактного взаимодействия, основные этапы реализации которого приведены в [1-2]. Материал заклепок предполагает возможность упругопластического деформирования, для реализации которого вводятся в рассмотрение так называемые «истинные» деформации и напряжения [3], на основе которых построены определяющие соотношения между их приращениями.

Рассмотрим ограниченное поверхностью S_0 деформируемое твердое тело объемом V_0 . Для ортогональной декартовой системы координат x^i ($i=1,2,3$) введем основные базисные векторы в деформированном состоянии тела $\mathbf{R}_i^* = \partial \mathbf{R}^* / \partial x^i = \mathbf{e}_i + \mathbf{u}_{,i}$ где \mathbf{u} - вектор перемещений. Тогда вектора напряжений $\boldsymbol{\sigma}_i^*$ на площадках деформированного элементарного объема, отнесенные к единицам площади dS_0 , можно представить в виде $\boldsymbol{\sigma}_i^* = \sigma_{ij}^* \mathbf{R}_j^*$. Компоненты тензора σ_{ij}^* по В.В. Новожилову называются обобщенными напряжениями. Векторы обобщенных напряжений $\boldsymbol{\sigma}_i^*$ также можно представить в виде разложения по основным базисным векторам недеформированного состояния $\boldsymbol{\sigma}_i^* = s_{ij}^* \mathbf{e}_j$, откуда следует очевидная связь компонентов тензоров $s_{ij}^* = \sigma_{ik}^* (\delta_{kj} + e_{kj})$.

Назовем компонентами тензора истинных деформаций ε_{ij}^{tr} главные удлинения ε_i и сдвиги $\sin \gamma_{ij}$

$$\varepsilon_{ii}^{tr} = \varepsilon_i = \sqrt{1 + 2\varepsilon_{ii}} - 1, \quad \varepsilon_{ij}^{tr} = \sin \gamma_{ij} = 2\varepsilon_{ij} (1 + \varepsilon_i)^{-1} (1 + \varepsilon_j)^{-1}$$

Истинные напряжения представляют собой компоненты векторов напряжений $\boldsymbol{\sigma}_i$ на площадках недеформируемого элементарного объема в разложении $\boldsymbol{\sigma}_i = \sigma_{ij} \mathbf{e}_j^*$, где $\mathbf{e}_j^* = \mathbf{R}_j^* / |\mathbf{R}_j^*| = (1 + \varepsilon_j)^{-1} (\delta_{ji} + e_{ji}) \mathbf{e}_i$.

Для случая упругопластического деформирования тел с изотропным упрочнением сформулируем условие пластичности в виде

$$F^* \equiv \sigma_i^* - c^* = \sigma_i^* - H^*(\chi^*) = 0$$

где в качестве параметра внутреннего состояния выбирается только скалярный параметр упрочнения χ^* в форме Одквиста, σ_i^* - интенсивность истинных напряжений, H - монотонно возрастающая положительная функция, аппроксимирующая истинную диаграмму деформирования материала. Тогда соотношения Прандтля-Рейсса можно записать через приращения истинных напряжений и истинных деформаций

$$\Delta \sigma_{ij} = \frac{E}{1 - 2\mu} \delta_{ij} \Delta \varepsilon_0^{tr} + 2G \Delta \varepsilon_{ij}^{tr} - \alpha \frac{3G \sum_{k,l} \sigma_{kl}' \Delta \varepsilon_{kl}^{tr}}{(\sigma_i')^2 (H_{\chi}' / 3G + 1)} \sigma_{ij}'$$

В уравнениях через $\Delta \varepsilon_{ij}^{tr}$ обозначены приращения компонент тензора деформаций ε_{ij}^{tr} , через $\Delta \varepsilon_0^{tr}$ - приращения средней истинной деформации, через $\Delta \varepsilon_{ij}^{tr}$ - приращения девиатора истинных деформаций, причем

$$\alpha = 1, \text{ если } \sigma_i - c = 0 \text{ и } \sum_{i,j} \sigma_{ij} \Delta \varepsilon_{ij}^{tr} \geq 0,$$

$$\alpha = 0, \text{ если } \sigma_i - c < 0 \text{ или, если } \sigma_i - c = 0 \text{ и } \sum_{i,j} \sigma_{ij} \Delta \varepsilon_{ij}^{tr} < 0.$$

Алгоритм решения поставленной задачи упругопластического деформирования реализован в рамках конечно-элементной дискретизации расчетной области.

Для иллюстрации результатов расчета на рисунке 3 приведены зависимости максимальной интенсивности напряжений по Мизесу и усилий на срез в заклепках (в Мпа) в зависимости от их радиуса (в метрах).

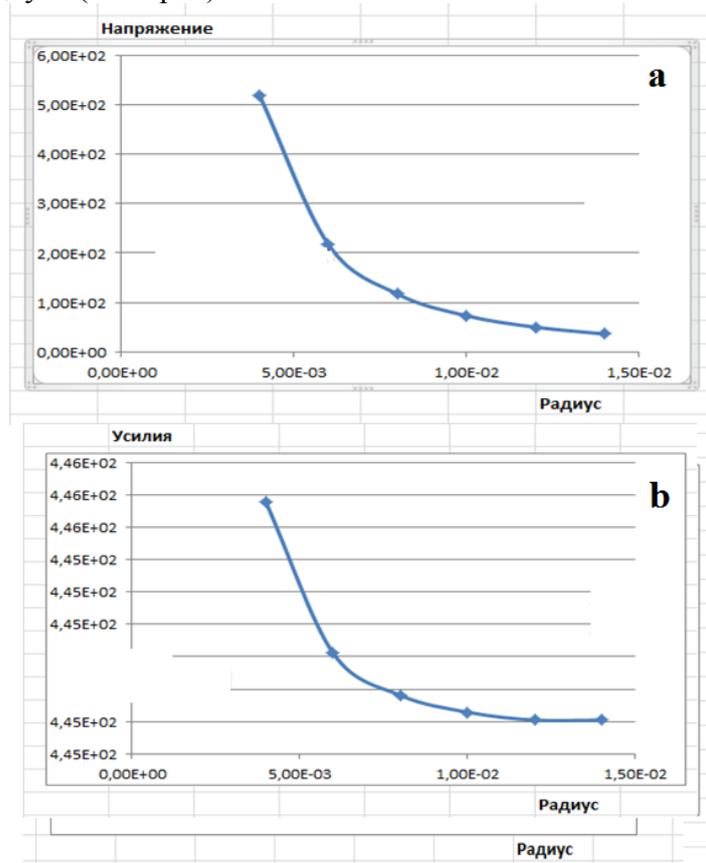


Рис. 3 – Зависимость максимальной интенсивности напряжений (а) и максимальных усилий на срез (б) в заклепках от их радиуса

На рисунке 4 приведены напряжения в заклепках и ступенчатом соединении для радиуса заклепок 3 мм, полученные в программном комплексе ANSYS.

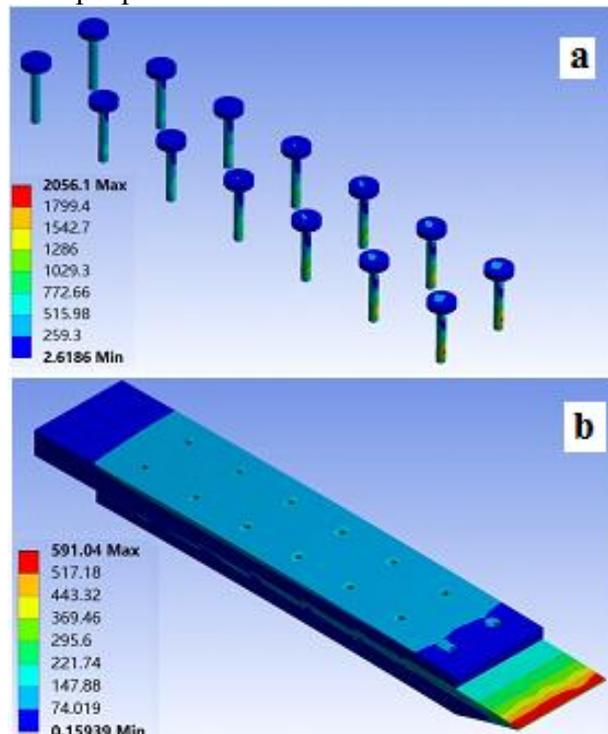


Рис. 4 – Интенсивность напряжений в заклепках и в ступенчатом соединении для случая радиуса заклепок 3 мм.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Увеличение радиуса заклепки существенно снижает в них уровень напряжений, но при этом увеличивается уровень напряжений в титане и углепластике. Учет трения между пластинками из титана и углепластика снижает уровень напряжений в заклепках. Учет упругопластического деформирования материала заклепок снижает уровень напряжений в конструкции, но предпочтительным является случай, когда материал в заклепках уже упрочнен и в нем уже не возникают пластические деформации при дальнейшем нагружении.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научных проектов № 18-41-160018 и № 18-41-160021.

Список литературы

1. *Бережной Д.В., Сагдатуллин М.К.* Моделирование деформирования обделки тоннеля метрополитена, расположенной в грунте, с учетом контактного взаимодействия // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17. – №15. – С.289-293.
2. *Бережной Д.В., Шамим М.Р., Балафендиева И.С.* Построение численной методики расчета процессов создания и эксплуатации фрикционных разъемов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – №3. – С.37-39.
3. *Новожилов В.В.* Основы нелинейной теории упругости. – М.-Л.: Гостехиздат, 1948. – 211 с.

05.13.11

¹Сюй И., ¹Д.В. Бережной д-р физ.-мат. наук, ²А.А. Пискунов д-р техн. наук

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, хуq_1988@hotmail.com, berezhnoi.dmitri@mail.ru,

²Российский университет транспорта,
Москва, a.piskunov52@mail.ru

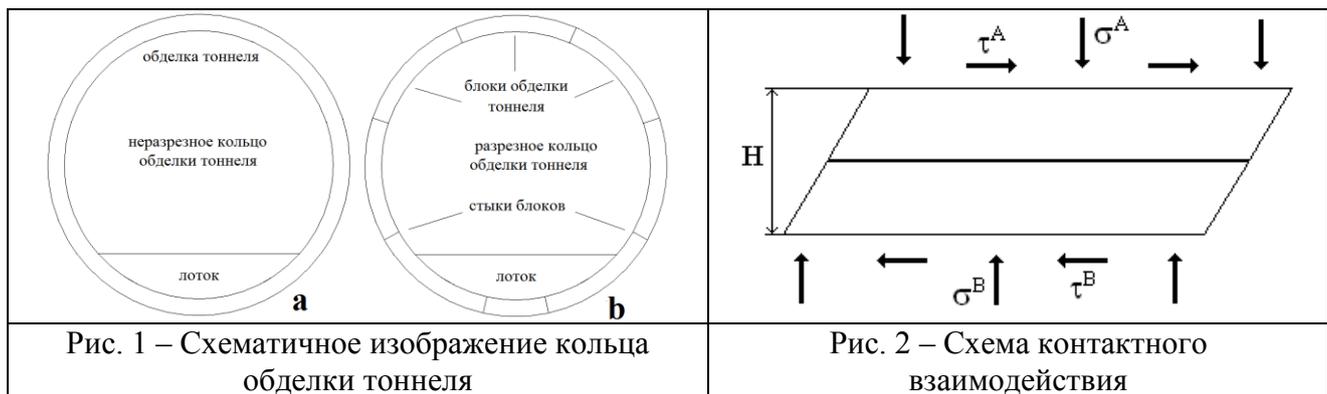
ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В КОЛЬЦЕ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

В работе представлены результаты исследования напряженного состояния в бетонном кольце обделки тоннеля при термическом нагружении при представлении обделки в виде сплошного кольца или совокупности взаимодействующих между собой блоков. Отмечено, что при блочном моделировании кольца обделки уровень термических напряжений заметно снижается.

Ключевые слова: контактное взаимодействие, термическое нагружение, метод конечных элементов.

Для определения напряженного состояния в кольце бетонной обделки тоннеля от разницы температур на его внутренней и внешней поверхности при проектировании тоннеля и его эксплуатации обычно решают задачу термоупругости [1, 2] для случая, когда кольцо обделки тоннеля является сплошным (неразрезным). В реальности обделка тоннеля не является сплошной, а состоит из блоков. При деформировании блоки обделки взаимодействуют друг с другом, поэтому напряженное состояние в блоках должно определяться с учетом их контактного взаимодействия друг с другом [3]. Для оценки учета возможности контактного взаимодействия блоков бетонной обделки тоннеля между собой в процессе деформирования была решена следующая задача.

Рассматривается плоская область, включающая в себя поперечное сечение тоннеля и находящийся в нижней части тоннеля лоток (рисунок 1). Обделка сплошная (рисунок 1а) и разбита на блоки (рисунок 1б), между стыками которых реализуются условия контактного взаимодействия.



На внешней поверхности обделки тоннеля задается температура $T_{внеш}$, на внутренней поверхности обделки и по поверхности лотка – $T_{внут}$. Область фиксируется в пространстве, чтобы не было смещений как жесткого целого.

Механизм взаимодействия блоков обделки тоннеля между собой может быть проиллюстрирован рисунке 2, где изображен один из вариантов деформирования контактного слоя, для большей наглядности изображенного в виде двух накладок.

Для ситуации, когда в накладках возникает напряжение обжатия $\sigma_H = \sigma^A = \sigma^B$ и деформации $\varepsilon_H = \sigma_H / E_H$, где E_H – модуль упругости материала накладки. Геометрическим условием наличия этой ситуации является $H \leq (H^A + H^B)$, где H^A , H^B – первоначальные толщины накладок, H – расстояние между поверхностями, на которых они закреплены. При наличии предварительного обжатия, т.е. при $H < (H^A + H^B)$, и, в этом случае, тоже справедливо $\sigma_H = \sigma^A = \sigma^B$, $\varepsilon_H = \sigma_H / E_H$. Если силовое воздействие отсутствует или слишком мало и накладки свободно перемещаются, то $H \geq (H^A + H^B)$, $\sigma_H = 0$. Если реализуется свободное проскальзывание, при котором касательные напряжения не возникают, что реализуется при $H \geq (H^A + H^B)$, и в этом случае $\tau_H = 0$. Упругое взаимодействие с обжатием и сдвигом без проскальзывания возможно при $H \leq (H^A + H^B)$ и для напряжений и деформаций в накладках можно записать $\sigma_H = \sigma^A = \sigma^B$, $\tau_H = \tau^A = \tau^B$, $\varepsilon_H = \sigma_H / E_H$, $\gamma_H = \tau_H / G_H$. Дополнительным условием здесь должно быть условие $\tau_H \leq f |\sigma_H|$, где f – погонный коэффициент трения. При невыполнении этого условия возникает ситуация, когда происходит сдвиг накладок с проскальзыванием. В этом случае $\sigma_H = \sigma^A = \sigma^B$, $\tau_H = \tau_{np} = f |\sigma_H|$, $\varepsilon_H = \sigma_H / E_H$ и имеется проскальзывание. Все эти ситуации могут быть моделированы в рамках механики сплошной среды, т.е. при представлении двух накладок в виде единого материала, обладающего специфическими свойствами.

Полученная задача является нелинейной и требует применения специальных методик для ее решения. Характерной особенностью этой нелинейности является то, что для нормальных напряжений имеет место ограничения по деформации ($H \leq H^A + H^B$, т.е. взаимная деформация накладок не может быть больше их общей толщины), а для касательных напряжений – по их предельным значениям, определяющим возможность проскальзывания. Общее разрешающее уравнение записывается в вариационной форме исходя из принципа виртуальных перемещений

$$\begin{aligned} & \sum_m \iiint_{\Omega_m} \{\sigma\}^T \{\delta\varepsilon\} d\Omega + \sum_k \iiint_{\Omega_k} \{\sigma_H\}^T \{\delta\varepsilon_H\} d\Omega = \\ & = \sum_m \left(\iiint_{\Omega_m} \rho \{g\}^T \{\delta V\} d\Omega + \iint_{S_m^\sigma} \{P\}^T \{\delta V\} dS \right), \end{aligned}$$

где сумма по m – сумма по объемам блоков, по k обозначается сумма по накладкам, Ω_m, Ω_k , – соответственно объемы блоков и накладок; $\{\sigma\}, \{\varepsilon\}, \{V\}$ – напряжения, деформации и перемещения элементарных объемов блоков; $\{\sigma_H\}, \{\varepsilon_H\}$ – напряжения и деформации в накладках, $\{g\}$ – вектор ускорения свободного падения ($\rho \{g\}$ – сила тяжести), $\{P\}$ – граничная нагрузка, действующая на части границы S_m^σ .

Для иллюстрации результатов расчета неразрезного кольца обделки тоннеля приведены первые главные напряжения (в МПа) для случаев расчета без лотка (рисунок 3а) и с лотком (рисунок 3б) при $T_{внеш}=0^\circ\text{C}$ и $T_{внут}=-1^\circ\text{C}$.

Для расчета без лотка разность температур на внутренней и внешней поверхности обделки тоннеля в 12.3°C ($T_{внеш}=0^\circ\text{C}$ и $T_{внут}=-12.3^\circ\text{C}$) приведет к максимальным растягивающим напряжениям в 2 Мпа в бетоне обделки.

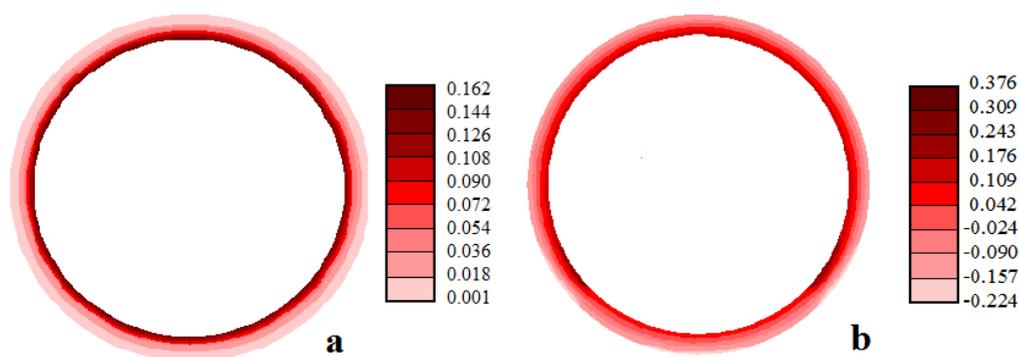


Рис. 3 – Первые главные напряжения для расчета кольца обделки тоннеля без лотка

Для расчета с лотком разность температур на внутренней и внешней поверхности обделки тоннеля в 5.3°C ($T_{\text{внеш}}=0^{\circ}\text{C}$ и $T_{\text{внут}}=-5.3^{\circ}\text{C}$) приведет к максимальным растягивающим напряжениям в 2 МПа в бетоне обделки в месте стыков лотка и обделки. В этом случае растягивающие напряжения наверху тоннеля совпадают с расчетным случаем без лотка, к боковой части тоннеля они даже несколько уменьшаются, а потом увеличиваются до максимума к точке стыка обделки и лотка.

Для иллюстрации результатов расчета разрезного кольца обделки тоннеля приведены первые главные напряжения (в МПа) для случаев расчета без лотка (рисунок 4а) и с лотком (рисунок 4б) при $T_{\text{внеш}}=0^{\circ}\text{C}$ и $T_{\text{внут}}=-10^{\circ}\text{C}$.

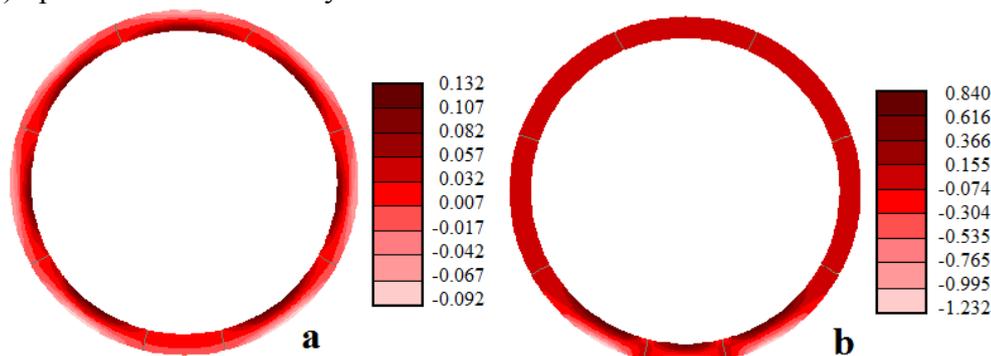


Рис. 4 – Первые главные напряжения для расчета кольца обделки тоннеля без лотка

Для расчета без лотка разность температур на внутренней и внешней поверхности обделки тоннеля в 152.1°C приведет к максимальным растягивающим напряжениям в 2 МПа в бетоне обделки. Максимальные напряжения возникают в середине внутренней поверхности каждого блока обделки. Для расчета с лотком разность температур на внутренней и внешней поверхности обделки тоннеля в 23.7°C приведет к максимальным растягивающим напряжениям в 2 МПа в бетоне обделки в месте стыков лотка и обделки.

При расчете обделки тоннеля в виде неразрезного кольца с лотком максимальные растягивающие напряжения локализованы в зоне стыка лотка и обделки, они плавно уменьшаются по внутренней поверхности обделки к ее самой верхней точке, где их величина будет приблизительно равна полученной из решения этой задачи без лотка. В нижней части обделки тоннеля (под лотком) максимальные растягивающие напряжения будут гораздо меньше. При расчете обделки тоннеля в виде разрезного кольца без лотка максимальные растягивающие напряжения локализуются в середине внутренних поверхностей блоков обделки тоннеля (наибольшие – в призматических блоках). При расчете обделки тоннеля в виде разрезного кольца с лотком максимальные растягивающие напряжения локализованы на серединах внутренних поверхностей блоков, расположенных под лотком в зоне стыка лотка и обделки (и в зоне стыка).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научных проектов № 18-41-160018 и № 18-07-00964.

Список литературы

1. *Бережной Д.В., Шамим М., Саченков А.А., Секаева Л.Р.* Исследование процессов термонасадки модели турбокомпрессора на вал // *Научно-технический вестник Поволжья.* – 2018. – №10. – С.158-161.
2. *Бережной Д.В., Шамим М.Р., Балафендиева И.С.* Построение численной методики расчета процессов создания и эксплуатации фрикционных разъемов // *Научно-технический вестник Поволжья.* . – 2018. – №3. – С.37-39.
3. *Бережной Д.В., Сагдатуллин М.К.* Моделирование деформирования обделки тоннеля метрополитена, расположенной в грунте, с учетом контактного взаимодействия // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2014. – Т.17. – № 15. – С.289-293.

05.13.11

¹Сюй И., ¹Д.В. Бережной д-р физ.-мат. наук, ²А.А. Пискунов д-р техн. наук

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, хуq_1988@hotmail.com, berezhnoi.dmitri@mail.ru,

²Российский университет транспорта,
Москва, a.piskunov52@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦА ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО В ХИМИЧЕСКИ ЗАКРЕПЛЕННОМ ГРУНТЕ

В работе представлены результаты исследования напряженного состояния в бетонном кольце обделки тоннеля, расположенном в однородном грунте, с учетом химического закрепления грунта в непосредственной близости от кольца обделки. Отмечено, что при блочном моделировании кольца обделки уровень напряжений заметно снижается и меняется характер его распределения.

Ключевые слова: *контактное взаимодействие, нелинейное деформирование, грунт, метод конечных элементов.*

Для оценки изменения напряженного состояния внутри кольца бетонной обделки тоннеля от веса всей расчетной области была решена следующая задача. Рассматривается плоская область, включающая в себя поперечное сечение тоннеля и находящийся в нижней части тоннеля лоток, подстилающий слой и ж/д полотно, тампонажный слой, зону химического закрепления грунта и сам грунт (рисунки 1 и 2). Зона химического закрепления грунта является кольцом, окружающим обделку тоннеля с тампонажным слоем, толщиной $T_{хим}$ и с модулем Юнга $E_{хим}$. Модуль Юнга грунта $E_{грунт}$, расстояние между верхней лицевой поверхностью грунта и верхним срезом обделки тоннеля – $H_{грунт}$. Точки нижней границы расчетной области могут двигаться только по горизонтали, точки боковых границ – только по вертикали. Область нагружена собственным весом. Предусмотрена возможность расчета разрезного кольца обделки тоннеля блоками, когда блоки обделки взаимодействуют друг с другом [1].



Для многих грунтов предельное состояние в трехмерных массивах хорошо описывается условием прочности Мизеса-Боткина, которое записывается в виде

$$\tau_i + \sigma_0 \operatorname{tg} \varphi_{oct}^* - c_{oct}^* = 0,$$

где φ_{oct}^* – угол внутреннего трения на октаэдрических площадках, c_{oct}^* – предельное сопротивление чистому сдвигу. Эти величины вычисляются через коэффициент сцепления c и угол внутреннего трения φ по следующим соотношениям:

$$\operatorname{tg} \varphi_{oct}^* = \frac{2\sqrt{3} \sin \varphi}{3 - \sin \varphi}, \quad c_{oct}^* = \frac{2\sqrt{3}c \cos \varphi}{3 - \sin \varphi},$$

где σ_0 - среднее напряжение, τ_i - интенсивность касательных напряжений. Тогда для грунтов соотношения Прандтля-Рейса можно заменить соотношениями вида

$$\Delta \sigma_{ij} = 2G \left(\Delta \varepsilon_{ij}^{tr} + \frac{3\mu \delta_{ij} \Delta \varepsilon_0^{tr}}{1 - 2\mu} \right) - \alpha \frac{\left(\frac{\sigma'_{ij}}{\tau_i} + \frac{K \operatorname{tg} \varphi_{oct}^* \delta_{ij}}{G} \right) \sum_{kl} \left(\frac{\sigma'_{kl}}{\tau_i} + \frac{K \operatorname{tg} \varphi_{oct}^* \delta_{kl}}{G} \right) \Delta \varepsilon_{kl}^{tr}}{G + K \operatorname{tg}^2 \varphi_{oct}^*},$$

составленными с использованием компонент истинных напряжений и истинных деформаций [2, 3], где K - модуль всестороннего сжатия.

Для иллюстрации полученных результатов на рисунках 3а и 3б приведены первые главные напряжения в неразрезном и разрезном кольце обделки тоннеля для Тхим=0 м, Ехим=5000 Мпа, Егрунт=100 Мпа, Нгрунт=5 м.

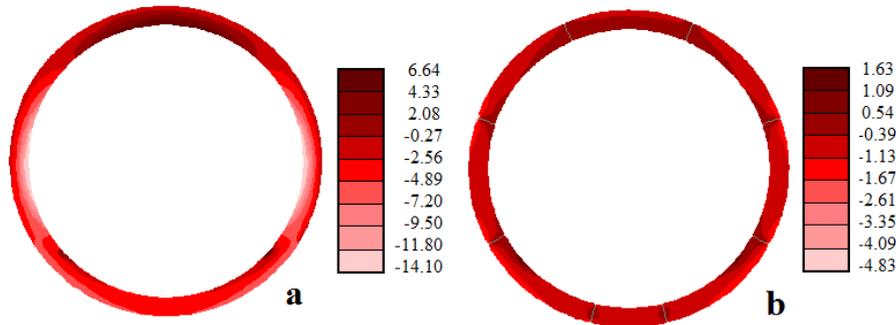


Рис. 3 – Первые главные напряжения в неразрезном и разрезном кольце обделки тоннеля для Тхим=1 м, Ехим=2500 Мпа, Егрунт=100 Мпа, Нгрунт=5 м.

В таблицах 1 и 2 приведены заглубления тоннеля по верхнему срезу (Нгрунт в метрах) в зависимости от толщины кольца химического закрепления (Тхим в метрах) для различных модулей Юнга окружающего тоннель грунта Егрунт и для различных модулей Юнга химически закрепленного грунта Ехим, при которых в неразрезной обделке тоннеля максимальные растягивающие напряжения равны 2Мпа для неразрезного и разрезного кольца тоннеля соответственно.

Расчет обделки от собственного веса окружающего ее грунта по схеме неразрезного кольца дает локализацию максимальных растягивающих напряжений на внутренней поверхности верхней части тоннеля. Расчет обделки от собственного веса окружающего ее грунта по схеме разрезного кольца дает локализацию максимальных растягивающих напряжений в зоне стыка обделки тоннеля и лотка. Можно отметить такую закономерность, что увеличению модуля Юнга в грунте или расширению зоны химического закрепления грунта в зоне тоннеля растягивающие напряжения в обделке локализуются на внутренней поверхности верхней части тоннеля.

Таблица 1 – Заглубление тоннеля по верхнему срезу (Нгрунт в метрах) для неразрезного кольца тоннеля.

Модуль Юнга окружающего тоннель грунта Егрунт=3 Мпа								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	<0,0	3,0	9,0	16,2	24,8	33,9	43,8	54,1
Ехим=5000 МПа	<0,0	4,5	13,7	24,5	37,4	51,1	65,9	80,9
Ехим=10000 МПа	<0,0	7,0	20,9	37,1	56,4	76,9	99,2	121,0
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта Егрунт=30 Мпа								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	<0,0	4,1	10,0	17,3	26,3	36,2	46,3	57,2
Ехим=5000 МПа	<0,0	6,2	15,1	26,1	39,6	54,4	69,6	85,9
Ехим=10000 МПа	<0,0	8,5	21,4	37,8	57,7	77,5	100,3	121,9

Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=100 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	2,2	5,9	12,1	20,2	30,1	40,4	51,5	63,5
Ехим=5000 МПа	3,1	7,9	15,9	26,5	40,3	55,7	72,2	89,8
Ехим=10000 МПа	4,4	10,6	23,1	39,8	61,5	79,9	102,7	123,0
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=300 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	8,7	12,5	20,1	30,4	42,2	56,8	67,8	75,4
Ехим=5000 МПа	11,1	15,8	25,3	38,2	53,0	71,2	85,0	94,5
Ехим=10000 МПа	13,9	19,9	31,8	47,9	66,3	89,1	106,3	126,2
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=1000 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	14,6	20,1	26,4	34,2	44,8	56,5	70,4	84,3
Ехим=5000 МПа	16,9	23,2	30,5	39,4	51,6	65,1	81,1	97,0
Ехим=10000 МПа	22,2	30,4	39,8	51,5	69,3	90,8	108,6	129,4

Таблица 2 – Заглубление тоннеля по верхнему срезу ($H_{\text{грунт}}$ в метрах) для разрезного кольца тоннеля.

Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=3 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	3,2	8,3	18,7	32,3	48,1	66,7	88,6	113,0
Ехим=5000 МПа	5,0	12,5	27,8	47,8	71,0	98,3	130,5	166,4
Ехим=10000 МПа	7,0	17,1	37,7	64,7	96,1	133,0	176,4	224,9
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=30 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	4,3	9,6	20,3	34,5	51,3	69,9	93,5	118,1
Ехим=5000 МПа	6,6	14,4	30,1	51,0	75,7	103,1	137,7	173,9
Ехим=10000 МПа	9,1	19,7	40,9	69,1	102,4	139,3	186,2	235,0
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=100 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	7,3	13,1	24,9	40,4	59,2	81,3	106,1	130,1
Ехим=5000 МПа	10,3	18,4	35,0	56,7	83,0	113,9	148,6	182,2
Ехим=10000 МПа	14,0	25,0	47,3	76,6	112,1	153,9	200,8	246,1
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=300 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	18,7	26,2	41,2	61,8	88,0	119,8	137,7	153,2
Ехим=5000 МПа	24,5	34,2	53,5	80,1	113,9	154,9	178,0	198,0
Ехим=10000 МПа	31,8	44,3	69,3	103,6	147,2	200,1	229,9	255,7
Модуль Юнга окружающего тоннель грунта $E_{\text{грунт}}=1000 \text{ МПа}$								
Тхим [м]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Ехим=2500 МПа	30,0	41,3	54,2	70,2	92,0	116,0	144,5	173,0
Ехим=5000 МПа	37,8	51,9	68,0	88,0	115,2	145,2	180,8	216,4
Ехим=10000 МПа	45,4	62,3	81,7	105,7	138,3	174,3	217,1	259,8

Вторая зона локализации – зона стыка обделки тоннеля и лотка.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научных проектов № 18-41-160018 и № 18-07-00964.

Список литературы

1. *Бережной Д.В., Сагдатуллин М.К.* Моделирование деформирования обделки тоннеля метрополитена, расположенной в грунте, с учетом контактного взаимодействия // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17. – № 5. – С.289-293.
2. *Бережной Д.В., Шамим М.Р., Балафендиева И.С.* Построение численной методики расчета процессов создания и эксплуатации фрикционных разъемов // Научно-технический вестник Поволжья. . – 2018. – №3. – С.37-39.
3. *Balafendieva I.S., Baytemirov A.A., Bereznoi D.V., Galimullin I.A., Notfullina I.K., Sachenkov A.A. and Yakushev R.S.* Investigation of the deformation of reinforced structures interacting with soils // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol.1158. – Art. 022019.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (05.13.11)

05.13.11

Т.А. Маркина канд. техн. наук, А.М. Дергачев канд. техн. наук,
А.Г. Ильина канд. техн. наук, И.О. Жирков

Университет ИТМО,
Факультет программной инженерии и компьютерной техники,
Санкт-Петербург, markina_t@itmo.ru, dam600@gmail.com, agilina@itmo.ru,
igorjirkov@gmail.com

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АНТИВИРУСНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В работе рассмотрены существующие методики оценки эффективности антивирусных средств защиты. Представлены результаты количественной оценки эффективности антивирусных программ на основе многоканальной системы массового обслуживания с неограниченной очередью.

Ключевые слова: *антивирус, сравнительный анализ, информационная безопасность, система массового обслуживания.*

Введение

Существует множество подходов к тестированию антивирусного программного обеспечения (ПО) [1], но не один из них не позволяет довести антивирусные программы до стопроцентной возможности обнаружения вредоносного ПО. Согласно экспертным оценкам антивирусное ПО способно обнаружить и обезвредить до 95% всего вредоносного ПО, атакующего компьютер [2,3]. Различные средства оценки эффективности позволяют проводить сравнительный анализ антивирусов [3,4,5], с учетом различных характеристик, причем количество оцениваемых показателей может достигать 365 [6]. Независимой организацией AMTSO (Anti-Malware Testing Standards Organization), был разработан стандарт по проведению тестирования антивирусных программ [7]. Тем не менее многие результаты тестирования носят коммерческий характер и не могут в полной мере считаться объективными [8,9]. Несмотря на сложнейшие техники выявления вредоносного ПО, такие как поведенческий анализ программ, использование нейросетевых технологий и технологий искусственного интеллекта, автоматизация внесения исправлений, анализ больших данных, антивирусные программы позволяют предотвращать не более 45% кибератак [10], что объясняется совершенством современных вредоносных программ и их способностью уклоняться от обнаружения [11]. При этом известно, что в минуту регистрируется от 250 до 1800 новых вредоносных программ [12,13]. Очевидно, что с течением времени данный показатель имеет тенденцию к возрастанию, в связи с чем актуальной является задача оценки пропускной способности антивирусного ПО и возможности противостояния кибератакам в условиях возрастания вредоносной нагрузки.

Существующие методики

Существует несколько методик оценки эффективности антивирусных средств защиты [1].

Статическое тестирование основано на сканировании по требованию заданного набора известных на данный момент вредоносных программ. Достоинство данной методики в том, что тестирование проходит на большом количестве доступного вредоносного программного обеспечения. К недостаткам можно отнести отсутствие возможности тестирования на момент начала заражения, так как тестируется уже зараженный жесткий диск, а также то, что

в тестовых коллекциях используются образцы с периодом жизни не более года.

Динамическое исследование заключается в воспроизведении реальной пользовательской среды, т.е. не только сканирование по требованию, но и скачивание зараженных вложений из писем, загрузка зараженных файлов из сети Интернет и др. Достоинством данной методики является максимальное приближение к реальному процессу заражения.

Методика проверки скорости реакции позволяет определить скорость обнаружения антивирусом последней модификации и сборки вредоносного образца. Данная методика в настоящее время не популярна несмотря на то, что электронная почта является одним из каналов заражения. Недостатком также является использование коллекции из известных вредоносных программ.

Ретроспективное тестирование в отличие от рассмотренных выше методик позволяет тестировать различные версии антивирусных продуктов по состоянию на один и тот же момент времени в прошлом. Достоинством является то, что полученная оценка отражает реальные возможности проактивной защиты. Недостатком является время, которое затрачивается на тестирование.

При этом во всех представленных методиках не учитывается важный аспект качества антивирусного ПО – пропускная способность.

Предлагаемое решение

Если говорить о необходимости обработки некоторого числа вредоносных программ в минуту, то антивирус можно представить многоканальной системой массового обслуживания (МСМО) с неограниченной очередью М/М/С [14], где аналитик представлен в качестве прибора, а новая вредоносная программа – в качестве заявки.

$$p_0 = f(\lambda, \mu) \quad (1)$$

Основными параметрами предлагаемой модели являются интенсивность обслуживания μ (интенсивность выпуска новых сигнатур и эвристик) и интенсивность поступления заявок λ (интенсивность обнаружения новых вредоносных программ). Значения данных величин можно задать исходя из статистики обнаружения новых вредоносных программ [12].

Рассмотрим ситуацию, когда работают $C = 100$ аналитиков и время обслуживания одной заявки составляет 10 мин, то есть $\mu = 0.1$. В таком случае для работы системы в стационарном режиме интенсивность поступления заявок (λ) должна быть не более 10 заявок в минуту. Вероятность (p_0) того, что все аналитики окажутся свободными и в системе не окажется ни одной заявки, можно рассчитать по формуле:

$$p_0 = \left(\sum_{n=0}^c \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^{c+1}}{C! \left(C - \frac{\lambda}{\mu} \right)} \right)^{-1} \quad (2)$$

Таблица. Зависимость вероятности освобождения всех аналитиков в системе от интенсивности поступления заявок.

λ	1	1,5	2	4	6	7	8	9
p_0	5E-05	3E-07	2E-09	4,3E-18	8,8E-27	3,9E-31	1,8E-35	7,6E-40

Результаты расчета, приведенные в таблице, показывают, что с увеличением интенсивности поступления заявок в МСМО, вероятность того, что в системе не окажется ни одной заявки, стремится к нулю, а также свидетельствуют о том, что для заданного числа аналитиков и времени обслуживания заявок система испытывает перегрузки.

Теперь рассмотрим, каким должно быть время обслуживания в случае известной интенсивности поступления заявок – интенсивности появления новых вредоносных программ. По данным отчета за третий квартал 2019 года было обнаружено порядка 240 миллионов уникальных вредоносных и потенциально нежелательных объектов [12]. Исходя из этого интенсивность поступления заявок получается равной 1851,6 заявок/мин. Предположим, что в МСМО работают 100, 1000, 2500 и 5000 аналитиков. Также предположим, что время анализа программы (время обслуживания заявки) может принимать

значения 10, 30 и 60 мин. (данное предположение основано на данных о частоте выпуска обновлений компанией "Лаборатория Касперского" [15]). Рассчитаем длину очереди исходя из статистической интенсивности поступления заявок по формуле:

$$L_{оч} = \frac{\rho^{C+1} p_0}{C * C! (1 - \rho/C)^2} \tag{3}$$

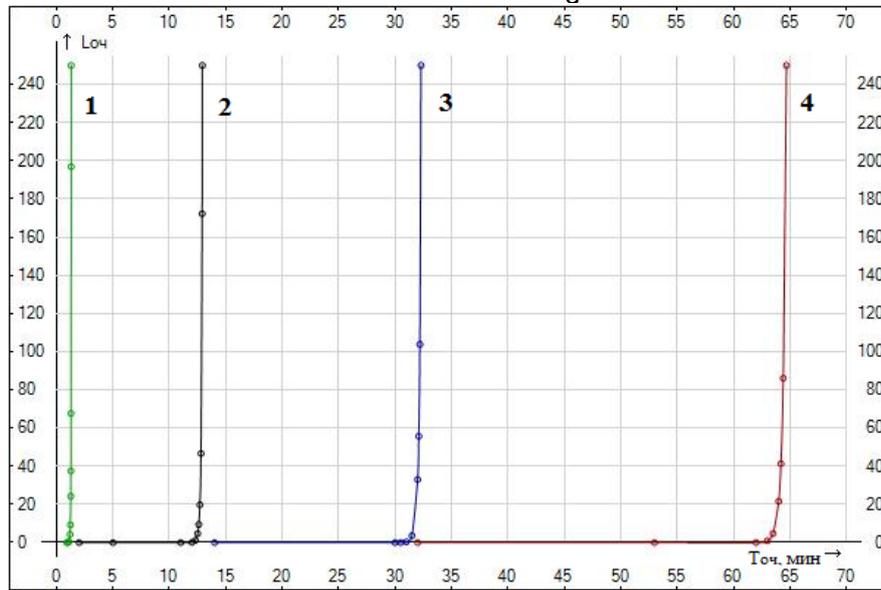


Рис. Графики зависимостей средней длины очереди от среднего времени обслуживания заявок

На рисунке представлены четыре графика зависимостей среднего числа заявок в очереди от среднего времени обслуживания. Из графиков видно, что для любого расчетного времени обработки заявок и соответствующего количества аналитиков мы получаем резкое увеличение длины очереди, т.е. система близка к нестационарному состоянию.

Аналогичные расчеты позволяют показать, что если в системе 1000 обслуживающих приборов, то стационарное состояние достижимо только в случае времени обслуживания, не превышающего 7 минут, причем средняя длина очереди составит 9700 заявок. Уменьшение среднего времени обслуживания до 6,9527 мин приведет к соответствующему росту очереди до 175768,74 заявок, а время ожидания в очереди составит 15046,27 минут. Если затем к значению среднего времени обслуживания прибавить всего 0,00009 мин (5,4 мс), то средняя длина и время ожидания в очереди увеличатся втрое. Для среднего времени обслуживания, равного 65 минут, необходимо 15000 обслуживающих приборов, при этом средняя длина очереди составляет порядка 7500 заявок и так далее.

Если рассматривать МСМО в наиболее близких к нестационарному состояниях: $C = 1000$, $T_{обс} = 12,96169(9)$ и $C = 5000$, $T_{обс} = 64,8087(9)$, то видим, что в данных условиях систему можно назвать нестационарной, так как невозможно реализовать полученные условия на практике.

Заключение

Предложена методика оценки антивирусных программ, основанная на МСМО с неограниченной очередью М/М/С, где аналитик представлен в качестве прибора, а новая вредоносная программа – в качестве заявки. Предложены два варианта оценки эффективности. Первый вариант – расчет вероятности того, что все аналитики окажутся свободными и в системе будут обработаны все поступившие заявки с неизвестными сигнатурами, – отображает какое количество приборов (аналитиков или работающих скриптов) должно одновременно работать для обеспечения эффективной защиты. Второй вариант – определение зависимости длины очереди от времени обслуживания заявки. При этом длина очереди близкая к нулю свидетельствует об эффективности антивирусного средства защиты.

Полученные результаты свидетельствуют о низкой эффективности существующих антивирусных средств защиты, об отсутствии требуемого уровня защиты и о необходимости поиска новых подходов к защите от вредоносных программ.

Список литературы

1. Методики тестирования антивирусов URL: <https://testmatick.com/ru/metodiki-testirovaniya-antivirusov/> (дата обращения: 07.03.2020).
2. *Калашикова А.А., Калинин Д.А., Клеймёнов А.В., Стремоухов В.Д., Янковская А.А.* Разработка методики сравнительного тестирования антивирусных продуктов // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2008. №52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-sravnitel'nogo-testirovaniya-antivirusnyh-produktov> (дата обращения: 07.03.2020).
3. Louis Corrons. Anti-malware Testing Undercover. 2016 URL: <https://www.pandasecurity.com/mediacenter/panda-security/anti-malware-testing-undercover/> (дата обращения: 07.03.2020).
4. *Агабабян Е.О.* Сравнительный анализ антивирусных программ // *Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LVII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 9(56)*. URL: [https://sibac.info/archive/technic/9\(56\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/9(56).pdf) (дата обращения: 06.03.2020)
5. *Калашикова А.А., Калинин Д.А., Клеймёнов А.В., Стремоухов В.Д., Янковская А.А.* Разработка методики сравнительного тестирования антивирусных продуктов // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2008. №52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-sravnitel'nogo-testirovaniya-antivirusnyh-produktov> (дата обращения: 07.03.2020).
6. *Путивцева Н.П., Зайцева Т.В., Лысакова Т.А.1, Пусная О.П., Губкина Л.А., Щеткина В.В.* Применение формализованной методики для решения задачи выбора антивирусного программного обеспечения // *Научно-Технический Вестник Поволжья*. 2019. №5.
7. Антивирусы. Портал РОСКАЧЕСТВО. 2019 URL: <https://rskrf.ru/ratings/tekhnologii/programmnoe-obespechenie/antivirusy/> (дата обращения: 06.03.2020)
8. Testing Protocol Standard for the Testing of Anti-Malware Solutions. Version 1.3. 01.12.2019 URL: <https://www.amtso.org/wp-content/uploads/2019/12/AMTSO-Testing-Protocol-Standard-for-the-Testing-of-Anti-Malware-Solutions-v1.3.pdf> (дата обращения: 07.03.2020).
9. *Chad Skipper.* Security Testing Houses: Know the Truth! 2016 URL: https://threatvector.cylance.com/en_us/home/security-testing-houses-know-the-truth.html (дата обращения: 07.03.2020).
10. You Can't Depend on Antivirus Software Anymore URL: <https://slate.com/technology/2017/02/why-you-cant-depend-on-antivirus-software-anymore.html> (дата обращения: 07.03.2020).
11. Are Antivirus Programs Effective URL: <https://www.safetymagazine.com/blog/are-antivirus-programs-effective/>, (дата обращения: 07.03.2020).
12. *Чебышев В., Сеницын Ф., Паринов Д., Ларин Б., Купреев О., Лопатин Е.* Развитие информационных угроз в третьем квартале 2019 года. Статистика URL: <https://securelist.ru/it-threat-evolution-q3-2019-statistics/95163/> (дата обращения: 07.03.2020).
13. Malware URL: <https://www.av-test.org/en/statistics/malware/> (дата обращения: 07.03.2020).
14. *Ивченко Г. И., Капитанов В. А., Коваленко И.Н.*, Теория массового обслуживания. Учебное пособие, Либроком, 2015 г.
15. Рекомендуемая частота обновления антивирусных баз на сервера администрирования. Kaspersky FORUM. URL: <https://forum.kaspersky.com/index.php?/topic/326442-рекомендуемая-частота-обновления-антивирусных-баз-на-сервера-администрирования-в-процессе/> (дата обращения: 07.03.2020).

05.13.11

А.Б. Сорокин канд. техн. наук, Э.А. Иванченко

МИРЭА – Российский технологический университет
Институт информационных технологий,
кафедра вычислительной техники,
Москва, ab__sorokin@mail.ru, edua-i@yandex.ru

МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Предлагается метод построения нейронных сетей основанный на синтезе ситуационного анализа и применения метода обучения с подкреплением. Обсуждаются особенности нового метода и возможности его применения.

Ключевые слова: *нейронные сети, ситуационный анализ, обучение с подкреплением.*

Перспективными направлениями на современном этапе развития автоматизации различных процессов являются искусственные нейронные сети, которые стремительно развиваются и используются в выполнении задач разной степенью неопределённости. В статье предлагается, синтезировать различные аспекты: ситуационные представления и методику обучения искусственной нейронной сети с подкреплением. Такой подход позволит решать задачи в сложной динамической среде, с достаточно требующейся быстротой скоростью принятия эффективных решений.

Под задачей обучения с подкреплением понимается задача обучения из взаимодействия для достижения какой-то цели. Обучающаяся и принимающая решения единица называется агентом. Объект, с которым агент взаимодействует, называется окружением.

Агент, как и окружение, постоянно взаимодействуют друг с другом, агент подбирает и определяет свои действия, а окружение соответственно отвечает на конкретные действия агента, тем самым предоставляя новое состояние агенту. Окружающая среда также генерирует и отправляет награду, а именно – специальное численное значение, которое агент, в свою очередь, пытается максимизировать за время своей работы [1].

Существуют основные методы обучения с подкреплением: динамическое программирование, TD – метод, Монте-Карло, SARSA, Q-метод. Основные недостатки методов обучения с подкреплением: сложность задания цели обучения; отсутствие стационарности у проблемы обучения, возникающее из-за того, что все агенты обучаются в одно время, и каждый из агентов сталкивается с проблемой постоянно изменяющейся цели обучения, поэтому основная стратегия может изменяться при смене стратегий других агентов; таким образом, агенту необходимо найти компромиссное решение между использованием текущих знаний и исследованием среды для сбора информации и улучшения этих знаний; необходимость координации [2].

Исходя из рассмотренных методов обучения с подкреплением, можно сделать вывод, что нет единого метода обучения с подкреплением. У каждого метода обучения с подкреплением есть свои недостатки, для исправления недостатков предлагается использовать метод ситуационного анализа.

В соответствии с принципами ситуационного анализа Л.С. Болотовой следует действие отождествлять с определенным единичным решением d_i . Единичное решение следует рассматривать как связанную структуру следующих элементов (X): субъект действия Xas , действие Xa , объект действия Xao и компоненты действия $\{Xac_1, Xac_2, \dots, Xac_N\}$, влияющие на решение. При этом действие образует структуру из трех возможных типов связующих звеньев: Las (СД) – связь между субъектом действия Xas и действием Xa , Lao (ОД) – связь между объектом действия Xao и действием Xa , Lac (КД) – связь между компонентами действия и действием.[3]

Очевидно, что вершины структурной схемы могут быть связаны между собой разнообразными отношениями, которые являются выражением связи в сознании эксперта. Выделяется два типа двунаправленных бинарных семантических отношений: взаимодействие это вертикальные опосредованные отношения, которое выражается через действие Xa и связующие звенья (Las, Lao, Lac). Таким образом, реализуются следующие типы конструкторов: субъект – объект (Rso), субъект – компонент $\{Rsc_1, Rsc_2, \dots, Rsc_N\}$ и отношение – есть эмпирическое выявление созависимости между объектами и обусловлено следующими конструкторами: объект – компонент $\{Roc_1, Roc_2, \dots, Roc_N\}$, компонент J – компонент N (Rcc_{JN}). Результатом таких семантических выражений может быть либо правда (1), либо ложь (0).

Каждое горизонтальное отношение или вертикальное взаимодействие вследствие виртуальной или реальной связанности приводит к активизации взаимосвязанных элементов, т.е. изменению их свойств. При этом элементы, вступая в структурную связь через действие, утрачивают часть своих свойств, которыми они потенциально обладали в свободном состоянии. Поэтому необходимо учитывать структурную связь между элементами и их свойствами P , которая представлена через связующие звенья Lp . Свойства имеют строковые, логические или числовые значения.

Все элементы структуры единичного решения d_i обладают набором свойств $P(d_i)$, образующих множество ее концептов – $C(d_i)$. Соответственно между свойствами могут существовать свои отношения – соотношения $Rp(d_i)$, которые выражены математическими или логическими символами. Таким образом, формируется концептуальная структура единичного решения, представленного на рис. 1.

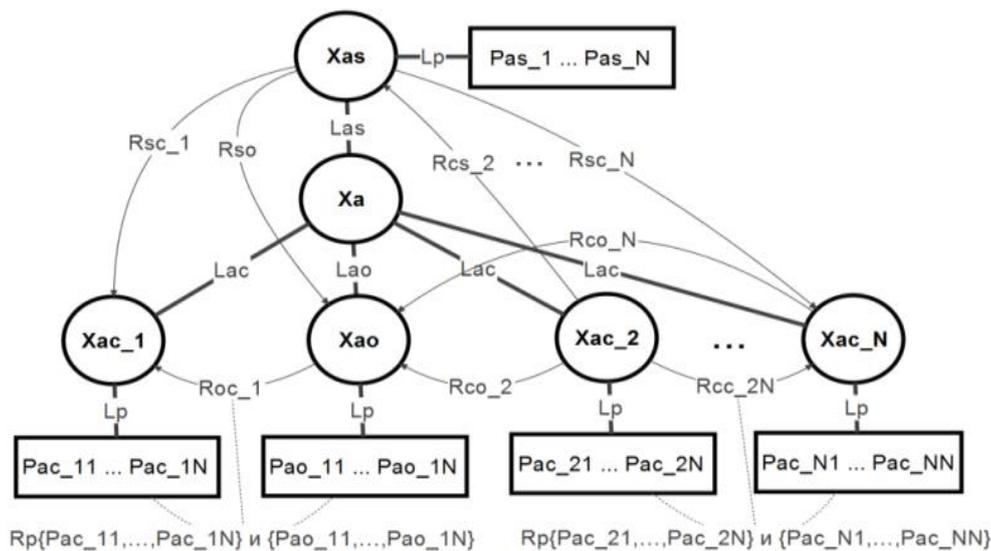


Рис.1 - Концептуальная структура единичного решения

Множество концептуальных структур единичного решения (D) в формальном виде будет представлено следующим образом:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}, d_i = z_i \cup q_i, i = \overline{1, m}$$

Содержательное наполнение концептуальной структуры полностью зависит от знаний и опыта эксперта (агента) [3].

Концептуальную структуру можно представить, как 6-ти слойную нейросеть с рекуррентными связями, скрытые слои которой не имеют четких границ и все время увеличивают количество нейронов в себе за счет обновляемых данных. На рис. 2 представлена схема нейронной сети с использованием ситуационного анализа и алгоритм принятия решения (AD – algorithm of decision), организованный на основе обучения с подкреплением.

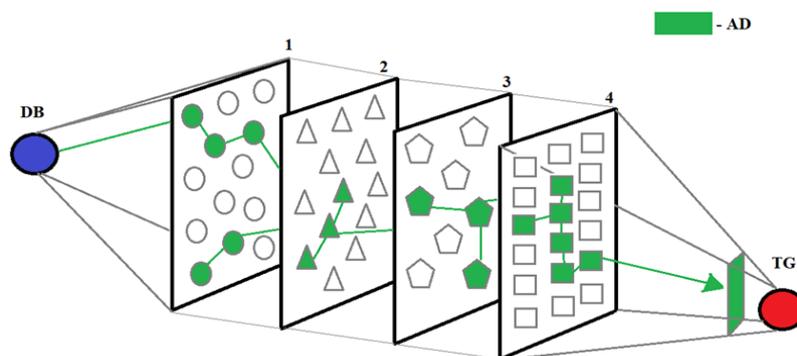


Рис. 2 - Схема глубокой нейронной сети

Шесть слоев в данной нейросети подразделяются на: DB (Data Base) — Входной слой; 1 — Свойства; 2 — Объекты; 3 — Отношения; 4 — Действия; TG (Total Goal) – Выходной слой. При этом связи нейронов и слоев характеризуются, изменчивостью и неполносвязностью.

В зависимости от того, к какому единичному решению приходит алгоритм, функция обучения дает сигнал - «оценку» решения. Уже в зависимости от «оценки» нейросеть организует свою последующую работу: чем ниже «оценка», тем больше работа нейросети организуется таким образом, чтобы повысить успешность решения поставленной задачи.

Нейронная сеть взаимодействует с определённой областью или окружающей средой, применяя различные действия, переходя в новое состояние. В зависимости от этих действий и переходов агент получает вознаграждение, которое может быть, как положительным, так и отрицательным. Никакой другой дополнительной информации для обучения агенту не предоставляется. Цель такого метода заключается в обучении нейронной сети выбирать правильные действия, основываясь на текущем состоянии окружающей среды. На основе конечного счета можно определить успешность агента в решении поставленной задачи.

Важной особенностью является установка правил, на основе которых будет выдаваться вознаграждение. Если установить неоптимальный набор правил, то необходимого результата либо будет сложно достичь, либо невозможно в принципе.

Применив подход обучения с подкреплением к разработанной ранее нейронной сети с использованием ситуационного анализа можно получить многозадачный и динамичный алгоритм, позволяющий решать задачи высокой сложности. Особенности такой модели заключаются в том, что вычислительная сложность уменьшается за счет средств ситуационного анализа. Также существует немаловажное преимущество обучения с подкреплением – ввиду отсутствия обучающих примеров, которые формирует человек, и возможности агентов соперничать друг с другом, полученные в ходе работы алгоритма обучения сети могут достигать сверхчеловеческого развития при решении поставленной перед ними цели.

Список литературы

1. Еремеев А.П., Кожухов А.А. Реализация методов обучения с подкреплением на основе темпоральных различий и мультиагентного подхода для интеллектуальных систем реального времени // Программные продукты и системы. 2017. № 1. С. 28–33.
2. Сорокин А.Б., Смольянинова В.А. Концептуальное проектирование экспертных систем поддержки принятия решений. // Теоретический и прикладной научно-технический журнал «Информационные технологии», 2017. – №9 (23). – С. 634 – 641.
3. Сорокин А.Б., Петкевич Д.В., Тихвинский В.И. Проектирование имитационных динамических моделей на основе синтеза ситуационного анализа и деятельностного подхода // Научный журнал «Научно-технический вестник Поволжья», 2018. – №3. – С. 59 – 63.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

**С.А. Гордин канд. техн. наук, И.В. Зайченко канд. техн. наук, В.В. Бажеряну,
В.С. Соколова, З.Р. Махмуродзода**

Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
факультет компьютерных технологий,
кафедра прикладной математики и информатики,
Комсомольск-на-Амуре, pmi@knastu.ru

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗИ МЕЖДУ ТЕМПЕРАТУРОЙ НАРУЖНОГО
ВОЗДУХА И ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ ТЯГОДУТЬЕВЫМИ
МЕХАНИЗМАМИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ**

Рассмотрены корреляционные однофакторные зависимости, связывающие температуру наружного воздуха и потребляемую электрическую мощность дымососами отопительной котельной.

Ключевые слова: *математическая модель, отопительная котельная, тягодутьевые механизмы, потребляемая мощность.*

Введение. Качественное ведение технологического процесса горения на отопительных котельных невозможно без автоматического регулирования параметров. Поддержание заданных режимов возможно различными способами, наиболее популярным является ПИД-регулирование [1].

Однако следует отметить, что процесс перемещения воздушных масс является достаточно сложным и нелинейным. Нестационарность тепловых режимов вносит дополнительную сложность в построение системы управления [2].

Проблема разработки автоматизированных систем управления газоздушным трактом требует разностороннего исследования. В настоящее время ведутся активные работы в области идентификации параметров технологического процесса производства тепловой энергии для построения точных функциональных схем систем автоматизированного управления и определения оптимального закона регулирования. Также не менее популярным является привлечение эмпирической идентификации на основе использования различных профессиональных пакетов прикладных программ.

Объектом исследования в рамках данной работы являлось тягодутьевое оборудование отопительной котельной п. Эльбан Амурского района Хабаровского края. С точки зрения теории автоматического управления объект интересен тем, что является типовым, и полученные зависимости является характерными для всего класса тягодутьевых механизмов отопительных котельных.

Анализ динамики мощности тягодутьевых механизмов. На котельной п. Эльбан Амурского района Хабаровского края отсутствуют системы регулирования мощности электропривода тягодутьевых механизмов, поэтому все вентиляторы работают с постоянной частотой вращения рабочего колеса.

Известна формула [3] расчета потребляемой мощности дутьевого вентилятора на различных режимах:

$$N = \frac{\bar{N} \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot u_2^2 \cdot z_2}{102} \quad (1)$$

где \bar{N} – коэффициент мощности, зависящий от типа вентилятора;
 ρ – плотность перемещаемого газа, $\text{кг} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;
 D_2 – наружный диаметр рабочего колеса, м;
 u_2 – окружная скорость на наружном диаметре, м/с;
 z_2 – число всасывающих отверстий.

Из данной формулы следует, что при постоянных оборотах рабочего колеса вентилятора потребляемая мощность дутьевого вентилятора прямо пропорциональна плотности перемещаемого газа.

При измерении фактической мощности дутьевого вентилятора в течение 12 часов (с 19:00 до 07:00) были собраны статистические данные по изменению температуры воздуха и потребляемой мощности. Результаты статистического наблюдения приведены на рисунке 1.

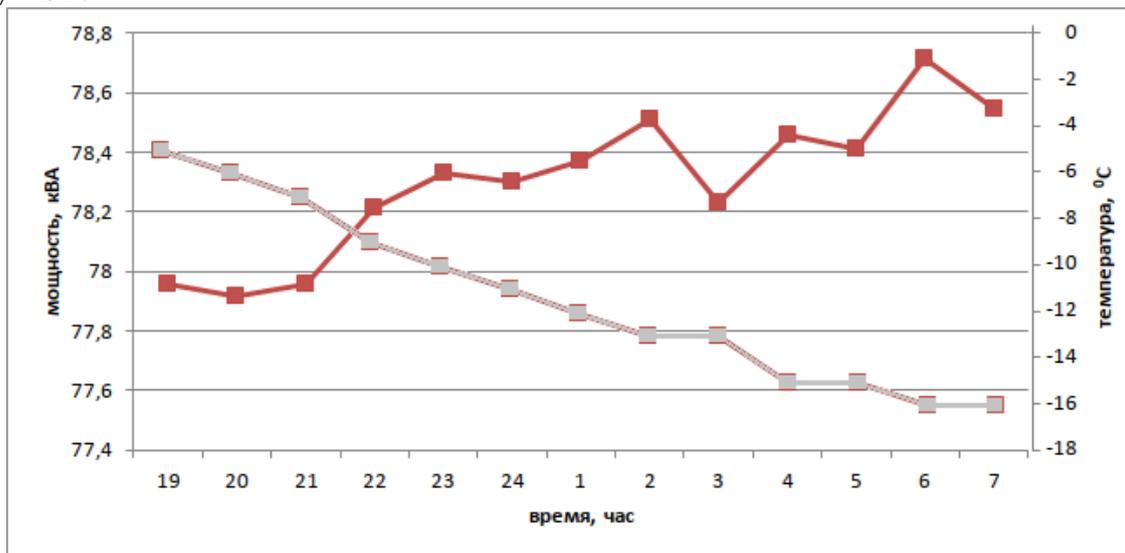


Рис. 1. Графики изменения температуры воздуха и потребляемой мощности дутьевого вентилятора котельной

Поскольку в формуле (1) используется плотность воздуха, была построена зависимость изменения потребляемой мощности дутьевого вентилятора (в долях от номинальной) от плотности воздуха с использованием справочных данных по воздуху [4]. Результаты измерений приведены на рисунке 2.

Результаты полученных фактических измерений показал, что действительно, изменение плотности воздуха линейно влияет на фактическую мощность дутьевого вентилятора, однако это влияние оказалось существенно меньше, чем следует из формулы 1.

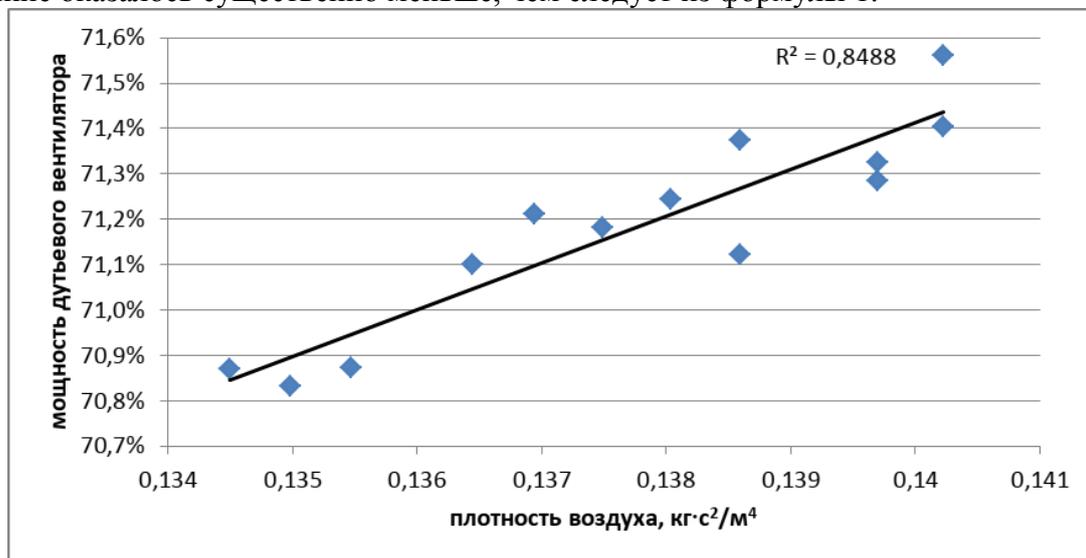


Рис. 2. Корреляционная зависимость мощности вентилятора от плотности воздуха

За период наблюдений плотность воздуха изменялась от 0,1345 до 0,1402 кг·с²/м⁴, что составило 4,3%. При этом фактическая мощность дутьевого вентилятора изменялась всего на 0,8%. Изменение фактической мощности указывает на то, что в наблюдаемый период при изменении температуры и плотности воздуха одновременно снижается окружная скорость воздуха на наружном диаметре дутьевого вентилятора.

Снижение окружной скорости воздуха на наружном диаметре дутьевого вентилятора приводит к снижению расхода воздуха и росту давления в дутьевом канале.

Расчет прироста давления можно определить из формулы [3]:

$$H = \bar{H} \cdot \rho \cdot u_2^2 \quad (2)$$

где \bar{H} – коэффициент давления, зависящий от типа вентилятора;

Расчет прироста давления показал, что в наблюдаемый период рост давления составил 0,08%, что фактически соответствует изменению фактической мощности. Следовательно, снижение температуры воздуха на входе в дутьевой вентилятор оказывает отрицательное воздействие на КПД дутьевой установки и, следовательно, снижает общее КПД котельной.

Заключение. Результаты проведенного исследования показывают, что:

- наблюдается выраженная корреляционная зависимость между температурой наружного воздуха и потребляемой мощностью тягодутьевыми механизмами отопительной котельной на уровне 0,85;

- снижение температуры воздуха на входе тягодутьевых механизмов приводит к снижению КПД дутья;

- для повышения энергоэффективности тягодутьевых механизмов необходимо организовывать подогрев воздуха, направляемого в котел, например, за счет тепла дымовых газов.

Список литературы

1. *Гордин С.А.* Об интеллектуальной адаптации ПИД-регулирования в системах управления котлов малой мощности / Гордин С.А., Зайченко И.В. // Журнал «Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики» Серия Естественные и Технические Науки. 2020. № 3.
2. *Соколова В.С.* Экспериментальное исследование термодинамического цикла абсорбционной установки / Соколова В.С., Зайченко И.В. Производственные технологии будущего: от создания к внедрению Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 274-276.
3. *Рихтер Л.А.* Тяга и дутье на тепловых электростанциях. М.: Госэнергоиздат, 1962.
4. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова // М.: Энергоатомиздат, 1991.

05.13.18

¹А.С. Денисов д-р техн. наук, ²А.Т. Кулаков д-р техн. наук,
²Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук, ²З.А. Аюкин канд. техн. наук, ²Ф.Л. Назаров

¹Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина,
 кафедра «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»,

²Набережночелнинский институт (филиал)

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
 автомобильное отделение,
 кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
 Набережные Челны, nuretdamir@yandex.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В работе на основе теоретического, методического и экспериментального анализа разработан алгоритм бортового диагностирования смазочной системы автомобильных дизелей. В качестве диагностических параметров приняты: объём масла в картере, его вязкость и давление в смазочной системе.

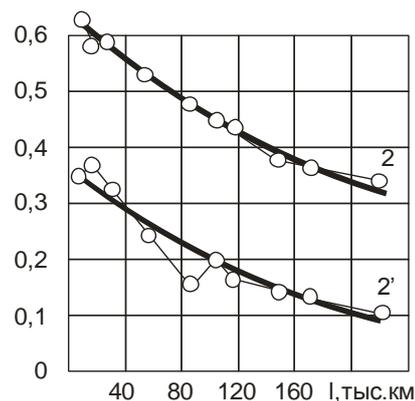
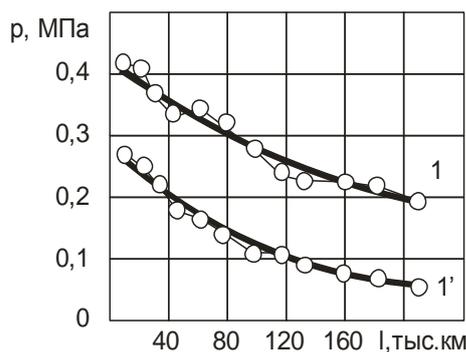
Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система смазки, давление масла, качество масла, бортовое диагностирование.

Самыми доступными и информативными параметрами смазочной системы являются давление в масляной магистрали и уровень масла в картере. Эти параметры являются количественными. Из анализа изменения технического состояния двигателей в процессе эксплуатации известно, что давление масла снижается по экспоненциальной зависимости [1]

$$P = a / (S_0^m \cdot e^{mb_l}) = P_0 \cdot e^{-b_p l}, \tag{1}$$

где $P_0 = a / S_0^m$ – давление в конце приработки, приведенное к началу эксплуатации; $b_p = m \cdot b$ – экспериментальный параметр; a – конструктивный и режимный параметр.

Результаты математической обработки экспериментальных данных по зависимости (1) приведены на рис. 1.



а) б)
 Рис. 1– Зависимость давления в системе смазки от наработки двигателей: 1 – КамАЗ-740; 2 – ЯМЗ-236 (без штриха - номинальный режим, со штрихом холостого хода) [3].

Закономерное снижение давления в системе смазки двигателей изменяет условия трения подшипников коленчатого вала. Проведенные расчетно-аналитические и экспериментальные исследования показали, что толщина масляного слоя (ТМС) в зависимости от наработки снижается по экспоненциальной зависимости [1, 2]

$$h = h_0 \cdot e^{-bt}, \quad (2)$$

где h_0 - ТМС в конце приработки, приведенная к началу эксплуатации, определяемая конструктивно-технологическими параметрами подшипника, режимом работы двигателя, свойствами масла; b - параметр, учитывающий влияние износа на интенсивность изменения технического состояния подшипника.

Математическая обработка экспериментальных данных позволила определить параметры этой зависимости для двигателей КамАЗ-740

$$h = 50e^{-0,008t} \quad (r = 0,95) \quad (3)$$

График зависимости (3) приведена на рис. 2. Здесь представлены три этапа трения, исходя из условий взаимодействия микровыступов сопряженных поверхностей. На первом этапе до величины ТМС не менее 20 мкм наблюдается благоприятный режим жидкостного трения с очень малой вероятностью контакта микровыступов.

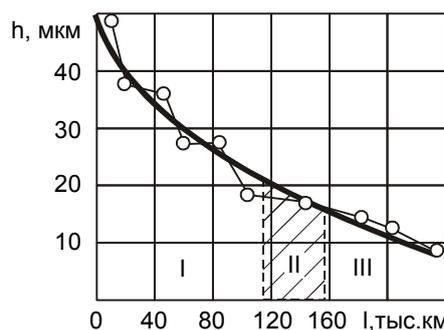


Рис. 2– Зависимость ТМС от наработки двигателей КамАЗ-740: I – область жидкостного трения; II – перехода в полужидкостное трение; III – полужидкостного трения

На втором этапе при величине ТМС от 20 до 15 мкм повышается вероятность контакта микровыступов и наблюдается полужидкостное трение. На третьем этапе при толщине масляной пленки $h < 15$ мкм значительно возрастает вероятность контакта микровыступов, что может привести к проворачиванию вкладышей. Эти процессы носят вероятностный характер, что подтверждают эксперименты Х. Чихоса по относительному времени отсутствия контакта между поверхностями [3].

Предельное состояние подшипников коленчатого вала для обеспечения оптимальной ремонтпригодности для двигателей КАМАЗ наступает при наработке 125 тыс. км и давлении масла 0,25 МПа на номинальном режиме [1]. При номинальном давлении 0,45 МПа интенсивность составляет 0,16 МПа/100 тыс. км или в относительном выражении около 50%.

По результатам предыдущих исследований [4] установлено, что при исправном состоянии двигателя необходим долив через 1 тыс. км в объёме 2 л масла. Из табл. 1 изменения основных ПРМ в начальный период его использования (до 4 тыс. км) видно, что за диагностические параметры могут быть приняты: уровень масла, щелочное число, вязкость, температура вспышки. Качественным параметром диагностирования принимается вязкость масла.

Таблица 1 - Изменение параметров работающего масла за пробег 4 тыс. км

ПРМ	Y_0	Y_k	$\Delta Y, \%$
1. Уровень масла, л	34	18	52,9
2. Щелочное число	15	13,2	10,4
3. Плотность	884	880	0,45
4. Температура вспышки	230	214	6,96
5. Вязкость	10,2	8,1	20,59

После обоснования параметров бортового диагностирования необходимо разработать его алгоритм. При этом должен быть применён экономический критерий – минимум суммарных удельных затрат на обнаружение и предупреждение отказа. То есть, сначала выполняются операции по обнаружению часто возникающих отказов с незначительными затратами на устранение, а затем по мере снижения частоты отказов и роста затрат на их устранение.

Исходя из этого, на первом месте бортового диагностирования смазочной системы находится блок анализа уровня масла (рис. 3). При низком уровне ($Y < Y_{пн}$) и при включённом электрическом питании на табло индицируется запись «долить масло», а при высоком уровне ($Y > Y_{вн}$) – «довести уровень масла до нормы» (то есть, до верхней метки на щупе).

На втором месте (рис. 3) находится блок анализа качества (вязкости) масла. При вязкости ниже предельной ($\eta < \eta_{пн} = 11$ сСт) [4] при работающем двигателе на табло индицируется запись «заменить масло», что обусловлено разжижением масла топливом из-за неисправностей системы питания. При вязкости выше предельной ($\eta > \eta_{пв} = 15$ сСт) индицируется надпись «долить масло». Если при доливе в пределах объёма смазочной системы (до верхней метки на щупе) при повторном измерении вязкость не снизилась до нормы (15 сСт), то индицируется надпись «заменить масло».

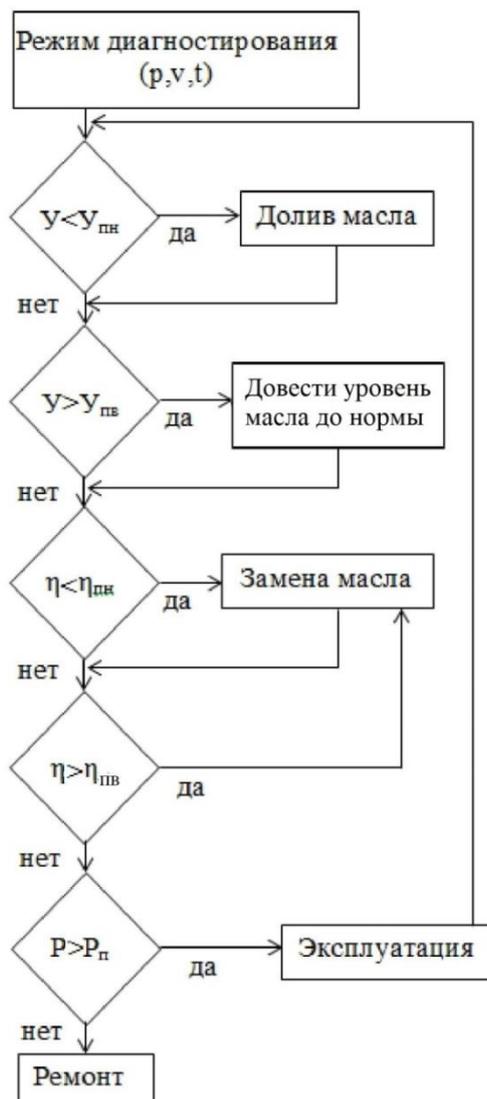


Рис. 3 – Алгоритм бортового диагностирования смазочной системы дизеля

На третьем месте (рис. 3) находится ресурсный блок, который при работающем двигателе измеряет давление в масляной магистрали и сравнивает с предельным значением ($P_{п} = 0,25$ МПа). При низком значении индицируется надпись «ремонт двигателя». Через заданное время двигатель принудительно останавливается перекрытием подачи топлива.

Таким образом, после принятия решения на основе информации начинает действовать блок исполнения (рис. 3). Он содержит датчики и исполнительные механизмы (реле, клапаны, индикаторы). Конструктивное решение этого блока принимается по результатам стендовых и эксплуатационных испытаний. Приведённый алгоритм позволит значительно сократить затраты на обеспечение работоспособности дизеля.

Список литературы

1. *Денисов А.С.* Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей. – Саратов: СГТУ, 1999. – 352 с.
2. *Денисов А.С., Данилов И.К.* Влияние условий смазки на толщину масляного слоя в шатунных подшипниках дизельного двигателя // Вестник Саратов. гос. техн. ун-та. Саратов, 2005. - №1 – С. 74-80.
3. *Чихос Х.* Системный анализ в трибонике. – М.: Мир, 1982. – 351 с.
4. *Денисов А.С., Носов А.О., Бинязов А.М., Кожинская А.В.* Повышение эффективности использования масел для форсированных автотракторных дизелей. – Уральск: ЗКФ АО «НЦНТИ», 2014 – 98 с.

05.13.18

^{1,2}Т.И. Епанчинцев, ^{1,2}Н.М. Неустроева¹Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН,²Уральский федеральный университет,

кафедра высокопроизводительных компьютерных технологий,

Екатеринбург, eti@imm.uran.ru

ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ КАК СПОСОБ ОТКРЕПЛЕНИЯ СПИРАЛЬНОЙ ВОЛНЫ ОТ НЕВОЗБУДИМОГО ПРЕПЯТСТВИЯ В ИОННОЙ МОДЕЛИ МИОКАРДА

В работе представлено исследование открепления спиральной волны от невозбудимого препятствия квадратной формы в двумерной модели Луо-Руди с помощью метода низковольтной высокочастотной стимуляции. Стимуляция подавалась с линейного электрода как в изотропной среде, так и в среде с волокнами.

Ключевые слова: моделирование сердца, невозбудимые препятствия, спиральная волна, высокочастотная стимуляция.

Введение

В наше время задачи, направленные на исследование сердца, являются наиболее актуальными, так как патологическое нарушение функции сердца является ведущей причиной смертности. Работа сердца регулируется волнами возбуждения, которые создает центральная нервная система. Однако в следствии аритмии их распространение может быть нарушено, что чаще всего приводит к внезапной остановке сердца. Одна из основных потенциально опасных аритмий называется реэнтри, характеризующаяся волной возбуждения, которая имеет форму спиральной волны. Такой вихрь может подавить волны возбуждения и нарушить систематическое сокращение сердца. Спиральные волны могут возникнуть из-за нестабильности на клеточном уровне [1], так же, как и из-за невозбудимой ткани [2]. Без внешнего воздействия спиральная волна может бесконечно долго существовать в миокарде. Одним из возможных способов лечения является низковольтная высокочастотная стимуляция (НВС). Принцип этого метода заключается в подаче низковольтных стимуляций с частотой, превышающей частоту спиральной волны.

В нашей предыдущей работе [3] мы определили, что период спиральной волны изменяется в зависимости от размера препятствия и степени анизотропности среды, а также нашли интервалы периодов стимуляции, при которых спиральная волна открепляется от препятствия, дрейфует от электрода и исчезает на границе.

В данной работе исследована одиночная спиральная волна, прикрепленная к квадратному невозбудимому препятствию в анизотропном миокарде. В вычислительных экспериментах мы использовали ионную модель кардиомиоцита Луо-Руди (ЛР) [4] с модификацией [5], которая сокращает длительность потенциала действия (ДПД). Открепление спиральной волны производилось с помощью линейного электрода, с которого подавалась периодическая стимуляция, частота которой превышала период спиральной волны.

Модель и методы

Распространение электрического возбуждения в миокарде в общем виде описывается уравнением реакции-диффузии

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \operatorname{div}(D \operatorname{grad} V) - \frac{I_{\text{ion}} + I_{\text{stim}}(r, t)}{C_m} \quad (1)$$

где $V = V(r, t)$ – трансмембранный потенциал в точке $r = (x, y)$ в момент времени t , C_m – емкость мембраны на единицу площади, $I_{\text{stim}}(r, t)$ – внешний ток стимуляции. D матрица 2×2 , отвечающая за анизотропию среды. I_{ion} – сумма всех ионных токов кардиомиоцита. Модель ЛР определяет эту сумму следующим образом:

$$I_{ion} = I_K + I_{Kp} + I_{K1} + I_{Na} + I_b + I_{si}$$

Подробное описание каждого тока представлено в работе [4]. Мы не смогли создать стабильную спиральную волну, прикрепленную к препятствию, поэтому исходная модель ЛР была изменена согласно работе [5], что сократило ДПД и позволило создать спиральную волну в двумерной среде.

Матрица диффузии D содержит элементы $D_{11} = 0.154$, $D_{22} = \frac{D_{11}}{k}$, $D_{12} = D_{21} = 0$, где D_{11} определяет коэффициент диффузии вдоль волокон, а D_{22} поперек них. Коэффициент k определяет степень анизотропности среды ($k = 1,4$). Далее анизотропность среды будет обозначаться *iso*, *an4* для $k=1$ и $k=4$ соответственно. Мы подразумеваем, что волокна направлены вдоль оси x , в то время как направление по y проходит поперек них. Поэтому лапласиан уравнения (1) принимает вид

$$\text{div}(D \text{ grad } V) = D_{11} \frac{dV}{dx^2} + D_{22} \frac{dV}{dy^2}$$

На границах вычислительной области и на границах препятствия были использованы условия нулевого потока $\vec{n} \cdot D \text{ grad } V = 0$, где \vec{n} – локальный нормальный вектор.

В качестве препятствия использовался квадрат со стороной 20 мм, который был помещен в центр вычислительной области. На рисунке 1 препятствие выделено фиолетовым цветом.

Мы использовали явный метод Эйлера с шагом по времени $dt=0.005$ мс. Расчет диффузии в пространстве производился по пяти точкам с шагом $dx, dy = 0.25$ мм на вычислительной сетке 400×400 узлов. Спиральная волна (СВ) создавалась по протоколу S1S2 [6] таким образом, чтобы она сразу прикреплялась к препятствию. Внешняя стимуляция подавалась с линейного электрода ($x < 2.5$ мм) начиная с момента времени $t_0=1000$ мс.

Результаты

Понятия период спиральной волны и период стимуляции являются ключевыми в данной работе. Основной идеей метода НВС является поиск интервала эффективных периодов стимуляции (ИЭПС) вида $[T_{min}, T_{max}]$, причем $T_{refr} \leq T_{min}$ и $T_{max} \leq T_{sw}$, где T_{refr} – минимальный усваиваемый период, а T_{sw} – период спиральной волны. Стимуляция с периодом, лежащем в ИЭПС, открепляет СВ от препятствия и вытесняет ее на границу. Интервал периодов $[T_{refr}, T_{sw}]$ назовем потенциальный ИЭПС (ПИЭПС).

В двумерной изотропной модели ЛР без внешней стимуляции спиральная волна вращается вдоль сложной траектории, называемой меандрингом, поэтому T_{sw} колеблется и в среднем равен 61 мс [7]. Мы обнаружили, что если спиральная волна закорена на препятствии, то ее траектория стабилизируется вдоль него, следовательно, ее период перестает колебаться. В таком случае ПИЭПС фиксируется, и стимуляция с электрода должна давать стабильный эффект. Период СВ в случаях *iso* и *an4* равен 117 мс и 201 мс соответственно. Минимальный период, который усваивается в модели LR равен 53 мс независимо от степени анизотропности, поэтому мы использовали его как минимальный период стимуляции.

Во время моделирования стимуляции мы столкнулись с некоторыми сложностями. При стимуляции с низким периодом возбудимая среда усваивала только каждый второй стимул. Это обусловлено периодом рефрактерности ткани. Таким образом, если стимулировать с периодом 53 мс, то итоговый период стимуляции, который достигнет СВ, будет равен 106 мс. Мы исследовали ПИЭПС для случаев *iso* и *an4* и обнаружили, что если сразу начинать стимулировать с периодом из интервала [53, 72], то он не будет усваиваться. Период $T=93$ мс был установлен как стартовый период во всех случаях анизотропности.

В ходе исследований мы обнаружили, что СВ ускоряется и синхронизируется с периодом стимуляции. При стимуляции с периодом 93 мс электрод ускоряет вращение СВ до эквивалентного периода. В среде образуется два источника волн с одинаковым периодом – электрод и СВ, следовательно, этот эффект делает применение метода НВС невозможным. Эффект ускорения вращения усиливается при приближении периода стимуляции к периоду СВ. Чтобы использовать более низкие периоды, мы плавно уменьшали период со стартового

$T=93$ мс. С каждой последующей стимуляцией период уменьшался на 1 мс, пока он не достигал целевого. Был исследован интервал целевых периодов [53, 63].

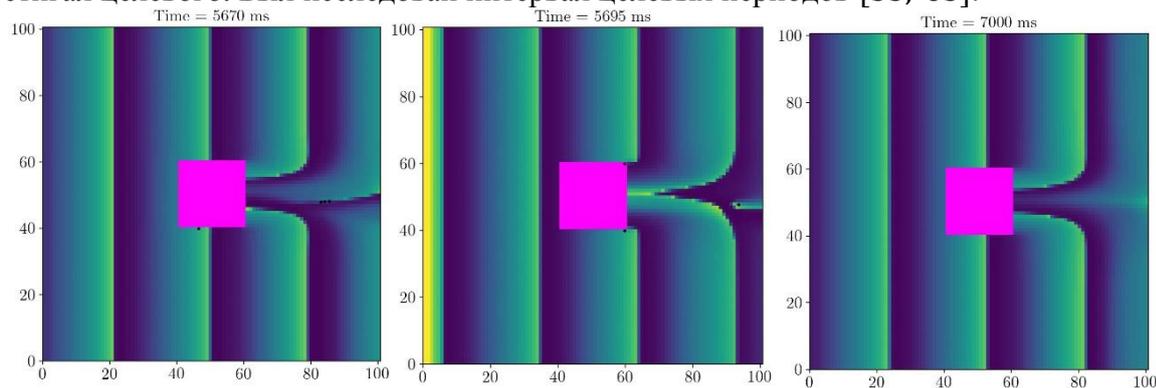


Рис. 1 – Спиральная волна, вращающаяся вокруг невозбудимого препятствия (выделено фиолетовым цветом) и внешняя стимуляция с линейного электрода

Стимуляция в изотропной среде не дала положительного эффекта в откреплении СВ. На всем интервале целевых периодов наблюдалось плавное ускорение СВ одновременно с ускорением стимуляции. Мы моделировали 40 сек., и за это время СВ полностью синхронизировалась с периодом стимуляции.

В случае *an4* только периоды $T=53$ мс и $T=54$ мс успешно открепили СВ от препятствия и вытеснили её на границу. На рис. 1 изображены 3 стадии открепления СВ при целевом периоде $T=53$. Рис. 1А: стимуляция с целевым периодом $T=53$ мс. Рис 1Б: спиральная волна открепилась от препятствия. Центр вращения СВ отмечен черной точкой. Рис 1В: СВ исчезла на правой границе. При периодах из интервала [53, 63] наблюдалось ускорение СВ и синхронизация с периодом стимуляции.

Обсуждение и выводы

СВ в модели миокарда ЛР вращается по сложной траектории – меандрингу. Прикрепление СВ к невозбудимому препятствию стабилизирует её траекторию по периметру квадрата и, следовательно, стабилизирует период СВ. Это оказывает положительное влияние на метод НВС, так как потенциальный интервал периодов эффективной стимуляции фиксируется.

Период СВ ускоряется под действием внешней стимуляции и синхронизируется с периодом электрода. Мы проводили подобное исследование в другой ионной модели миокарда [8] и наблюдали такой же эффект. В нашей предыдущей работе [3] на упрощенной феноменологической модели миокарда такой эффект не был обнаружен и НВС успешно открепил СВ от препятствия. Поэтому, можно сделать вывод, что ускорение СВ характерно для более реалистичных ионных моделей.

Были проведены исследования в среде без и с волокнами. Применение НВС в случае *iso* было безуспешным, так как период СВ синхронизировался с периодом стимуляции. В случае *an4* удалось открепить и вытеснить СВ при двух периодах (53 и 54 мс). Это объясняется тем, что во время стимуляции СВ смещается на правую грань препятствия, а движение вдоль правой грани происходит поперек волокон. СВ не успевает синхронизироваться с периодом стимуляции и открепляется от границы. Однако при периодах 55 мс и выше наблюдается тот же эффект, что и в случае *iso*.

В дальнейших исследованиях мы планируем уделить внимание откреплению СВ от препятствия реалистичной формы (рубец после инфаркта), а также ввести плавное уменьшение проводимости среды около границ препятствия, как в реальном миокарде.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00370.

Список литературы

1. *ten Tusscher K.H.W.J., Panfilov A.V.* Influence of nonexcitable cells on spiral breakup in two-dimensional and three-dimensional excitable media // *Phys. Rev. E - Stat. Physics, Plasmas, Fluids, Relat. Interdiscip. Top. American Physical Society*, 2003. Vol. 68, № 6. P. 062902.
2. *Makkes Van Der Deijl G.B., Panfilov A.V.* Formation of fast spirals on heterogeneities of an excitable medium // *Phys. Rev. E - Stat. Nonlinear, Soft Matter Phys. American Physical Society*, 2008. Vol. 78, № 1. P. 012901.
3. *Епанчинцев Т.* Открепление спиральной волны от невозбудимого препятствия в двумерной модели миокарда с помощью высокочастотной стимуляции // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2019. Том 3. с. 115–118.
4. *Luo C.H., Rudy Y.A* model of the ventricular cardiac action potential. Depolarization, repolarization, and their interaction // *Circ. Res.* 1991. Vol. 68, № 6. P. 1501–1526.
5. *Ten Tusscher K.H.W.J., Panfilov A.V.* Reentry in heterogeneous cardiac tissue described by the Luo-Rudy ventricular action potential model // *Am. J. Physiol. - Hear. Circ. Physiol.* 2003. Vol. 284, № 2 53-2. P. H542–H548.
6. *Nakazawa K. et al.* Computational Analysis and Visualization of Spiral Wave Reentry in a Virtual Heart Model // *Clinical Application of Computational Mechanics to the Cardiovascular System*. Tokyo: Springer Japan, 2000. P. 217–241.
7. *Epanchintsev T.I., Pravdin S.F., Panfilov A.V.* Impact of the cardiac tissue anisotropy on spiral wave superseding : a simulation study with the use of ionic cell models // *Procedia Comput. Sci.* Elsevier, 2018. Vol. 136, № July. P. 359–369.
8. *ten Tusscher K.H.W.J., Panfilov A.V.* Alternans and spiral breakup in a human ventricular tissue model. // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2006. Vol. 291, № 3. P. H1088–H1100.

05.13.18

С.Ю. Лунева канд. экон. наук, А.А. Лунева

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
институт «Информационные технологии и прикладная математика»,
кафедра «Математическая кибернетика»,
Москва, LunevaSY@mai.ru

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В работе представлены результаты применения аппарата нечеткой логики к решению задачи синтеза оптимальной по быстродействию системы управления.

Ключевые слова: *синтез оптимального управления, фазовый портрет, нечеткая логика, лингвистические переменные, функция принадлежности, правило вывода, фаззификация, дефаззификация.*

Концепция применения обратной связи при синтезе оптимального управления базируется на идее использования полной информации о координатах вектора состояния. Однако при решении практических задач эта информация может быть неопределенной, содержать ошибки измерений, методические погрешности, поэтому актуальной является задача синтеза оптимальных систем управления в условиях неполной информации [1]. В качестве математического аппарата предлагается использовать методологию синтеза нечетких систем управления, включающую операции фаззификации, формирования множества лингвистических правил вывода, выбора способа агрегирования и дефаззификации [2].

Рассмотрим задачу синтеза оптимального управления для модели объекта, описываемой системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2(t), \\ \dot{x}_2(t) = u(t), \end{cases} \quad \text{где } x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}, |u| \leq 1.$$

Требуется найти оптимальное по быстродействию управление $u(t)$, соответствующие ему траектории и время T^* , затрачиваемое на переход из начального состояния $x_1(0) = a, x_2(0) = b$ в начало координат.

Данная задача является задачей Лагранжа и имеет аналитическое решение [1], оптимальное время перехода из точки $x_1(0) = a, x_2(0) = b$ в начало координат вычисляется по формулам: $T^* = -b + \sqrt{2b^2 - 4a}$, $T^* = b + \sqrt{2b^2 + 4a}$. Результирующий фазовый портрет и оптимальная траектория, соответствующая начальным условиям $x_1(0) = a, x_2(0) = b$, представлены на рис.1.

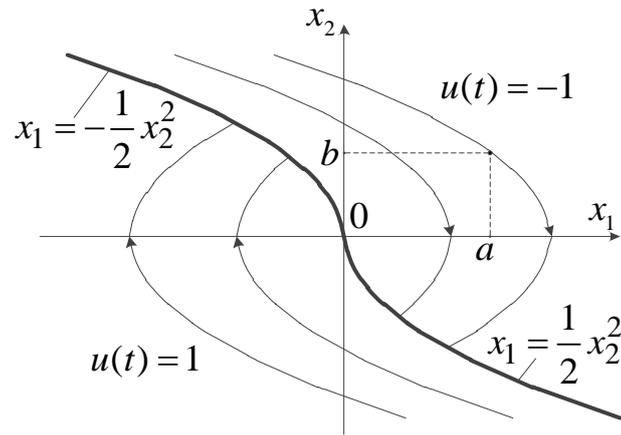


Рис. 1 – Результирующий фазовый портрет

Рассмотрим решение задачи с использованием аппарата нечеткой логики: синтезируем нечеткий регулятор с двумя входными переменными x_1 , x_2 и одной выходной – u .

1. Каждой входной переменной x_i поставим в соответствие лингвистические переменные \tilde{x}_i , а выходной переменной u – лингвистическую переменную \tilde{u} . Определим их лингвистические значения

$$\tilde{A}_1 = \{\tilde{A}_1^j, j = 1, \dots, N_1\}, \tilde{A}_2 = \{\tilde{A}_2^k, k = 1, \dots, N_2\}, \tilde{B} = \{\tilde{B}^p, p = 1, \dots, M\}.$$

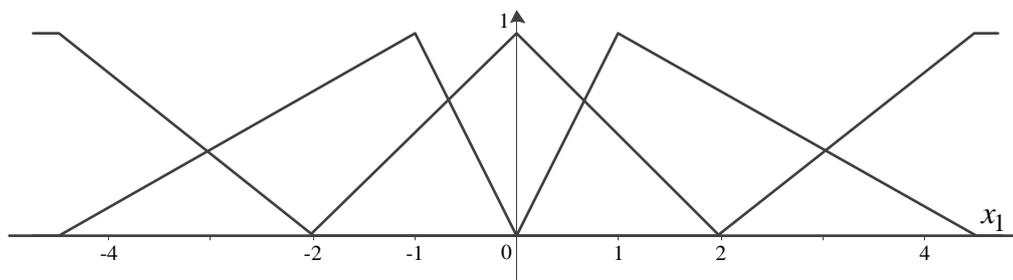
а) Для переменной \tilde{x}_1 : \tilde{A}_1^1 = «большое отрицательное», \tilde{A}_1^2 = «малое отрицательное», \tilde{A}_1^3 = «около нуля», \tilde{A}_1^4 = «малое положительное», \tilde{A}_1^5 = «большое положительное».

б) Для переменной \tilde{x}_2 : \tilde{A}_2^1 = «большое отрицательное», \tilde{A}_2^2 = «малое отрицательное», \tilde{A}_2^3 = «около нуля», \tilde{A}_2^4 = «малое положительное», \tilde{A}_2^5 = «большое положительное».

с) Для переменной \tilde{u} : \tilde{B}^1 = «отрицательное», \tilde{B}^2 = «около нуля», \tilde{B}^3 = «положительное». Таким образом, $N_1 = N_2 = 5$, $M = 3$.

Далее вместе с лингвистическими переменными будем использовать их номера, т.е. в качестве терм-множеств переменных \tilde{x}_1 , \tilde{x}_2 , \tilde{u} применять $T_1 = \{1, 2, \dots, 5\}$, $T_2 = \{1, 2, \dots, 5\}$, $D = \{1, 2, 3\}$.

2. Выберем множество начальных состояний, определяемое прямым произведением отрезков по каждой координате вектора состояния: $[-8; 8] \times [-4; 4]$. Далее зададим треугольные и трапециевидные функции принадлежности, определяющие следующие нечеткие множества (рис 2.а, 2.б, 2.в).

Рис. 2.а – Функции принадлежности для $\tilde{A}_1^j, j = 1, \dots, 5$

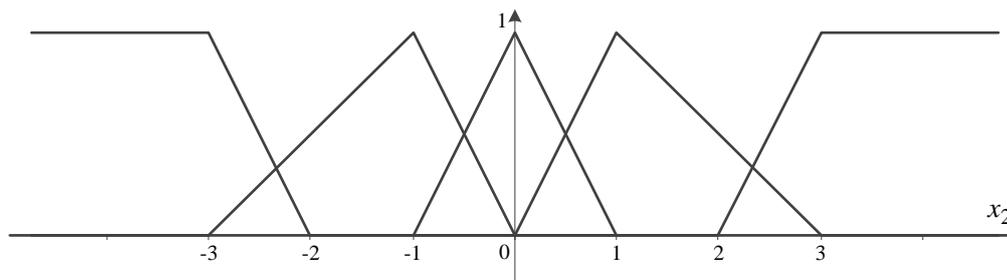


Рис. 2.б – Функции принадлежности для $\tilde{A}_2^k, k = 1, \dots, 5$

Для того чтобы корректно производились вычисления во всех точках множества возможных состояний, область определения функций принадлежности для \tilde{x}_1 и \tilde{x}_2 потребовалось расширить, так как фазовые траектории могут в процессе моделирования выходить за его границы.

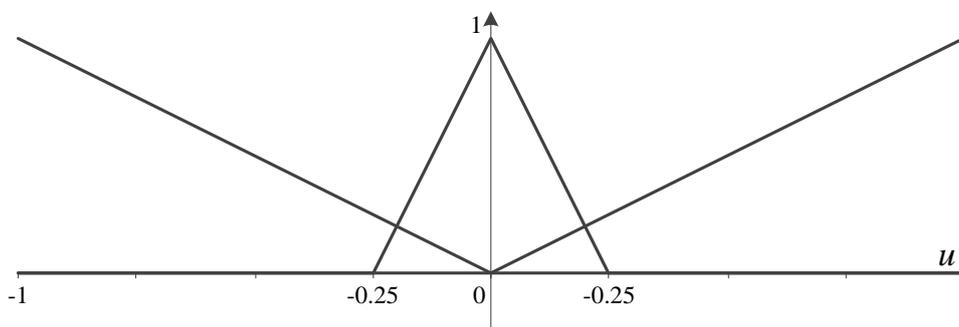


Рис. 2.в – Функции принадлежности для $\tilde{B}^p, p = 1, 2, 3$

3. Определим лингвистические правила вывода вида (см. Таблицу 1.):

Если \tilde{x}_1 есть \tilde{A}_1^j и \tilde{x}_2 есть \tilde{A}_2^k , то \tilde{y} есть \tilde{B}^p , или в краткой форме $(j, k; p)$.

Таблица 1. – Лингвистические правила вывода

\tilde{y}	\tilde{x}_2					
		1	2	3	4	5
\tilde{x}_1	1	3	3	3	3	
	2	3	3	3		1
	3	3	3		1	1
	4	3		1	1	1
	5		1	1	1	1

4. Для нахождения пересечения множеств применим правило «минимума», объединения – правило «максимума», импликации – правило «минимума». При агрегировании рассматривается совокупность всех выводимых нечетких множеств [2].

5. При дефаззификации применим метод центра тяжести.

Работа нечеткой системы вывода была реализована с помощью Fuzzy Logic Toolbox с использованием пакета расширения FIS Editor в системе компьютерной математики MATLAB. Решение системы дифференциальных уравнений находится методом Эйлера с шагом $h = 0,01$ с точностью $\varepsilon = 0,05$.

Полученные в результате моделирования результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты моделирования

Вариант	Начальные состояния		T	T^*
	$x_1(0)$	$x_2(0)$		
1	-1	-3	7,67	7,69
2	8	-4	3,96	4
3	-4	2,5	2,84	2,83
4	1	3	7,67	7,69

На рис. 3.а и рис. 3.б приведены оптимальные траектории, полученные в результате моделирования системы управления для вариантов 1 и 2 начальных состояний.

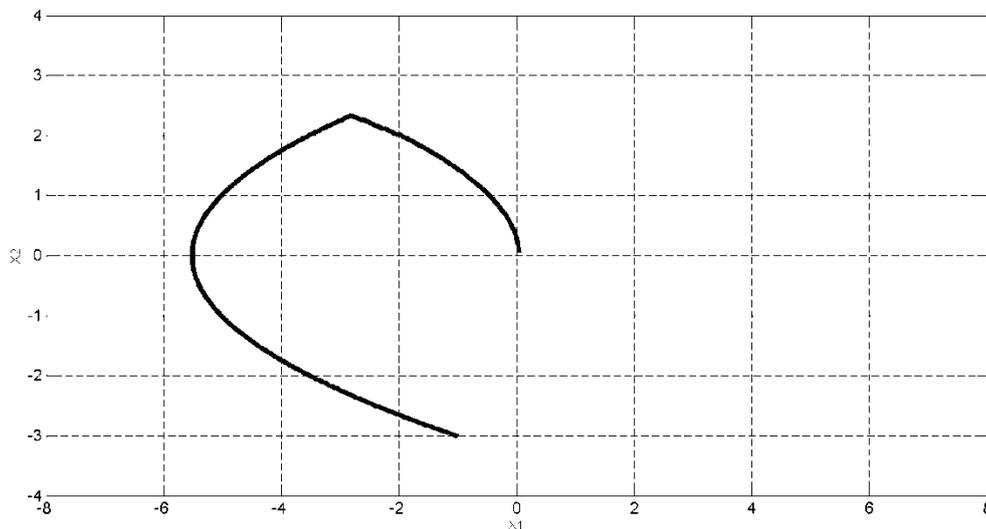


Рис. 3.а – Результат моделирования для варианта 1 начальных состояний

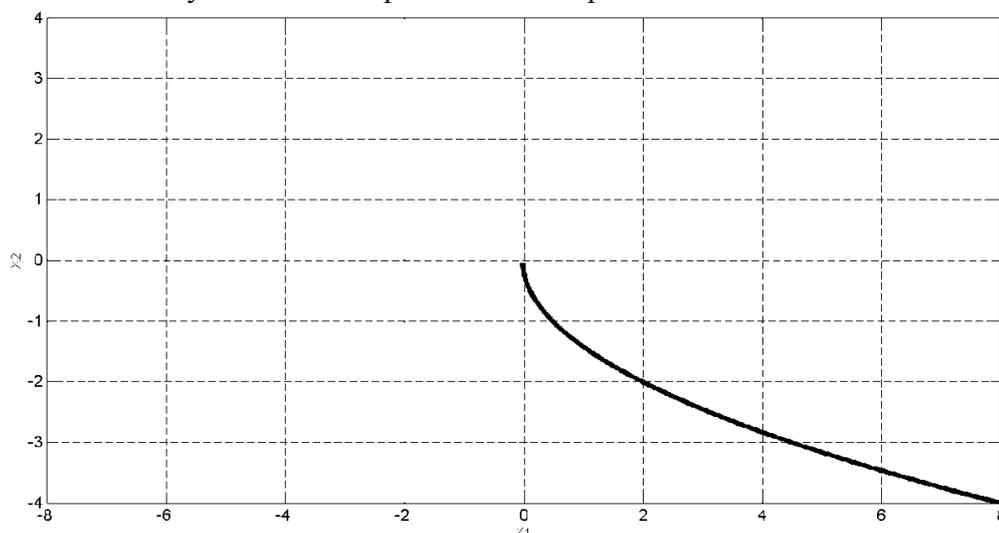


Рис. 3.б – Результат моделирования для варианта 2 начальных состояний

Отметим, что полученные в результате моделирования значения оптимального времени перехода в начало координат несущественно отличаются от рассчитанных аналитически и сравнимы с рассчитанными в [3], так для рассмотренных вариантов 1-4 начальных состояний эта разница составляет не более 0,04.

Список литературы

1. *Пантелеев А.В., Бортаковский А.С.* Теория управления в примерах и задачах. - М.: ИНФРА-М, 2016. – 584 с.
2. *Бадалова А.Г., Пантелеев А.В.* Управление рисками деятельности предприятия. - М.: Вузовская книга, 3-е изд., 2017. – 234 с.
3. *Nagi F., Ahmed S.K., Zularnain A.T. Nagi J.* Fuzzy Time-Optimal Controller (FTOC) for Second Order Nonlinear Systems // *ISA Trans.* 50(3): 364-375. 2011.

05.13.18

А.Д. Омарова канд. физ.-мат. наук, А.Б. Чебоксаров канд. физ.-мат. наук

Филиал Ставропольского государственного педагогического института в г. Ессентуки,
гуманитарно-технический факультет,
кафедра математики и информатики,
Ессентуки, ann.omarova@yandex.ru

УРАВНЕНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ ВОГНУТЫМИ ОПЕРАТОРАМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. ПРИЗНАК ПРОДУКТИВНОСТИ МОДЕЛИ С ВОГНУТЫМ ОПЕРАТОРОМ

В работе представлены результаты изучения уравнений межотраслевого баланса с дифференцируемыми вогнутыми операторами на предмет существования неотрицательного решения. Приведенные уравнения описывают задачу межотраслевого баланса в многосекторной экономике, в связи с чем, поиск именно неотрицательного решения этой модели, имеет смысл. Приведены теоремы определяющие условия продуктивности модели с вогнутым оператором.

Ключевые слова: Уравнения с нелинейными операторами, вектор валового выпуска, вектор чистого выпуска, вектор затрат, технологическая матрица, продуктивность, модель с вогнутым оператором.

Рассмотрим уравнения с нелинейными операторами вида

$$x = F(x) + c \quad (1)$$

на предмет существования неотрицательного решения $x = x^*$. Здесь $x \in E$ – неизвестный элемент, подлежащий определению из уравнения (1), $F(x)$ – оператор, областью определения которого является множество $K \subset E$ векторов, c – заданный вектор из K , K – конус в E .

Задача баланса в простой многосекторной экономике сводится к уравнению (1). В этом случае вектор x – вектор валового выпуска, c – вектор чистого выпуска, $F(x)$ – вектор затрат, связанных с производством вектора валового выпуска x . В частности, если $F = A = (a_{ij})$ – технологическая матрица, то уравнение (1) превращается в уравнение (модель) Леонтьева простой многосекторной экономики. Как известно, основной предпосылкой модели Леонтьева является гипотеза о линейной зависимости вектора затрат $F(x)$ от вектора валового выпуска x . Очевидно, что эта гипотеза выполняется не для всякой многосекторной модели, а отказ от этой гипотезы приводит к нелинейным уравнениям вида (1).

При изучении уравнения (1) возникает вопрос, для каких векторов $c \in K$ существует решение $x \in K$, а точнее, для каких векторов $c \in K$ чистого выпуска (плана) существует вектор валового выпуска, $x \in K$, реализующий план c , а также вопросы о числе неотрицательных решений этого уравнения и о методах отыскания (точного или приближенного с заданной точностью) решения этого уравнения.

Рассмотрим уравнение (1) при следующих предположениях относительно свойств оператора $F(x)$:

I. $F(\theta) = \theta$, $F(x)$ – монотонный оператор, т.е. из $\theta \leq x \leq y$ следует, что $F(x) \leq F(y)$.

II. Для каждой пары векторов $x_1, x_2 \in K$ и $\lambda \in [0; 1]$ выполняется неравенство

$$F[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \lambda F(x_1) + (1-\lambda)F(x_2) \quad (2)$$

свойство вогнутости оператора затрат.

III. Оператор $F(x)$ непрерывен (по норме пространства E относительно x на K и более того, дифференцируем по Фреше в каждой точке $x \in K$). При этом $F'(x)$ будет обозначать производную Фреше оператора $F(x)$ в точке x , это значит, что

$$\frac{\|F(x+h) - F(x) - F'(x)h\|}{\|h\|} \rightarrow 0, \quad (3)$$

при $\|h\| \rightarrow 0$; здесь $F'(x)h$ - линейный по h оператор.

Условия I, II имеют следующий экономический смысл:

- условие I означает, что при отсутствии выпуска ($x = \theta$) отсутствуют затраты, а с увеличением вектора x валового выпуска затраты не уменьшаются,

- условие II означает выпуклость технологического множества

$$T = \{(I - F)x \mid x \geq 0\},$$

где I - единичный оператор. В частности, условие II означает, что с увеличением вектора x в λ раз ($\lambda > 1$) затраты возрастают не более чем в λ раз:

$$F(\lambda x) \leq \lambda F(x) \quad (x \in E, \lambda > 1). \quad (4)$$

Условие III означает, что бесконечно малому изменению Δx вектора x валового выпуска соответствует бесконечно малое изменение

$$[F(x + \Delta x) - F(x)]$$

вектора затрат.

Условия I - III выполняются, в частности, если $F = A$ - технологическая матрица. Следовательно, модель (1) в условиях I - III содержит модель Леонтьева как частный случай. Тем не менее, следует признать, что, конечно, не каждая многосекторная модель удовлетворяет всем перечисленным условиям I - III. В частности, для некоторых моделей является жестким предположение о вогнутости оператора затрат или предположение о непрерывной зависимости затрат от выпуска.

Прежде чем перейти к изучению уравнения (1), и формулированию признака продуктивности данной модели с вогнутым оператором, при условиях I - III отметим одно следствие неравенства (2): для любых векторов $x_1, x_2 \in K$ имеет место неравенство

$$F(x_2) - F(x_1) \leq F'(x_1)(x_2 - x_1). \quad (5)$$

Положим

$$F_c(x) \equiv F(x) + c \quad (c \geq \theta).$$

Очевидно, $F_c(x)$ удовлетворяет вместе с $F(x)$ неравенству (4) и, как следствие этого неравенства, $F_c(x)$ удовлетворяет соотношению (5)

$$F_c(x_2) - F_c(x_1) \leq F'_c(x_1)(x_2 - x_1) = F'(x_1)(x_2 - x_1). \quad (6)$$

Задача о существовании решения (решения $x \in K$) уравнения (1) эквивалентна существованию решения (соответственно, положительного решения) уравнения

$$x = F_c(x). \quad (7)$$

Таким образом, решения уравнения (1) - это неподвижные точки оператора F_c .

Определение. Следуя Х. Никайдо [1], модель (1) назовем *продуктивной*, если для каждого числа $c > \theta$ следует решение $x \in K$ уравнения (1).

Основываясь на всем вышеизложенном, приведем две теоремы, определяющие условия продуктивности модели с вогнутым оператором.

Как и в случае модели Леонтьева приобретают интерес условия продуктивности модели (1). Следующая теорема содержит достаточно простое условие продуктивности этой модели [2],

Теорема 1. Пусть конус K -телесен и нормален и для некоторого фиксированного вектора u_0 , являющегося внутренним элементом K , т.е. $u_0 \gg \theta$ и некоторого постоянного $q: 0 \leq q < 1$ выполняется неравенство

$$F(u_0) \leq qu_0. \quad (8)$$

Пусть оператор $F(x)$ - вполне непрерывен.

Тогда модель (1) продуктивна.

Доказательство. Пусть $c \geq 0$ - заданный вектор. Из определения оператора F_c следует, что

$$F_c(c) \geq c. \quad (9)$$

Обозначим через t_0 такое положительное число, для которого выполняется неравенство

$$c \leq t_0(1 - q)u_0 \quad (10)$$

(существование такого t_0 обеспечено условием: $u_0 \gg \theta$).

Не ограничивая общности можно считать, что $t_0 \geq 1$.

Из условия (2), (8) и (10) следует:

$$F_c(t_0 u_0) = F(t_0 u_0) + c \leq t_0 F(u_0) + c \leq t_0 q u_0 + c \leq t_0 u_0.$$

Таким образом,

$$c \leq F_c(c), \quad F_c(t_0 u_0) \leq t_0 u_0 \quad (11)$$

и в силу (10) $c \leq t_0 u_0$. Эти условия вместе с монотонностью оператора $F(x)$ означают, что этот оператор оставляет инвариантным множество

$\langle c, t_0 u_0 \rangle$ векторов x и, так как это множество ограничено по норме пространства E , выпуклое и замкнутое, то оператор $F_c(x)$ имеет на этом множестве, по крайней мере одну неподвижную точку (в силу принципа Шаудера).

Более того, каждая из двух последовательностей

$$x_{n+1} = F_c(x_n) \quad (x_0 = c), \quad y_{n+1} = F_c(y_n) \quad (y_0 = t_0 u_0) \quad (12)$$

сходится к неподвижной точке x^* , соответственно, y^* оператора F_c , при этом последовательность x_n монотонно возрастает: $x_n \leq x_{n+1}$, а последовательность y_n монотонно убывает: $y_{n+1} \leq y_n$ и для каждого n имеет место неравенство $x_n \leq y_n$.

Теорема доказана.

Нельзя не отметить следующее обстоятельство.

Замечание. Утверждение теоремы 1 сохраняет силу и при существенно меньших предположениях.

Теорема 2. Пусть оператор $F(x)$ монотонен и удовлетворяет условию (4). Пусть конус K сильно миниздрален. Тогда из неравенства (8) следует продуктивность модели (1).

Справедливость этого утверждения вытекает из принципа Биркгофа [3] неподвижной точки и из того факта, что монотонный оператор F_c оставляет инвариантным отрезок $\langle c, t_0 u_0 \rangle$.

Замечание. В отличие от теоремы 1, условия теоремы 2 не гарантируют сходимость последовательных приближений к решению уравнения (1).

Условие (8) является не только достаточным, но и необходимым условием продуктивности модели (1). Покажем это. Пусть модель (1) продуктивна. Тогда для фиксированного $v_0 \gg 0$, т.е. внутреннего элемента конуса K уравнение $x = F(x) + v_0$ имеет по крайней мере одно неотрицательное решение $x = u_0$, т.е. $u_0 = F(u_0) + v_0$. Из последнего равенства, учитывая, что для некоторого $\alpha > 0$ выполняется неравенство $v_0 \geq \alpha u_0$, имеем

$$F(u_0) = u_0 - v_0 \leq u_0 - \alpha u_0 = (1 - \alpha) u_0 = q u_0,$$

где $q = 1 - \alpha < 1$.

Таким образом, мы рассмотрели математическую модель межотраслевого баланса (1) с дифференцируемым вогнутым оператором, а так же сформулировали и доказали два признака продуктивности этой модели.

В ходе исследования использованы понятия и методы теории функциональных и операторных уравнений, в том числе уравнений с операторами, действующими в линейных полуупорядоченных банаховых пространствах.

Отраженные в статье результаты позволяют решить задачу о существовании положительного решения у нелинейных экономико-математических моделей Леонтьева и Леонтьева-Форда с немонотонными операторами. Найдены новые подходы для численного расчета соответствующих новых классов нелинейных моделей.

Список литературы

1. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. М.: Мир, 1972. 518 с.
2. Омарова А.Д. Нелинейные модели Леонтьева-Форда межотраслевого баланса с немонотонными операторами: дис. на соиск. ученой степ. канд. физ.-мат. наук: 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ М., 2002. 82 с.
3. Стеценко В.Я., Имомназаров Б. Об одном принципе неподвижной точки. ДАН.: Тадж. ССР, 1967. Т. 10, 3-11с.

05.13.18

О.В. Соловьева канд. физ.-мат. наук, С.А. СоловьевКазанский государственный энергетический университет,
Казань, solovyeva.ov@kgeu.ru**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО
ГИДРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА ДЛЯ КАТАЛИЗАТОРА
НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО ПРОНИЦАЕМОГО ЯЧЕЙСТОГО
МАТЕРИАЛА**

В настоящей работе проведено построение математической модели и численное исследование течения химически-реагирующего потока газа через катализатор построенный на основе высокопористого проницаемого ячеистого материала. Построены геометрические модели пористых сред со случайным расположением пор. Результаты численных исследований получены в виде значений конверсии и селективности и хорошо согласуются с экспериментами.

Ключевые слова: высокопористый проницаемый ячеистый материал, селективное гидрирование ацетилена, математическая модель, прямое численное моделирование.

Высокопористые материалы являются предметом многочисленных исследований из-за их уникальных свойств: большой площадью контактной поверхности и высокой пористостью, что создает низкий перепад давления и обеспечивает высокую энергоэффективность [1-3].

В химическом машиностроении пористые материалы широко используются в качестве носителей катализатора. Методы математического моделирования могут помочь быстро и без проведения экспериментов определить параметры работы реакторов с неподвижным слоем катализатора для промышленного применения, а также оптимизировать их работу. Для экзотермических реакций твердые пористые структуры показывают интересные результаты. В работе [4] сравнивались керамические пористые материалы, соты и объемные сферы. Авторы обнаружили, что основным преимуществом пористых материалов является их радиальная характеристика перемешивания компонентов. Радиальная передача тепла от стенки трубы к реактору и наоборот является ключевым аспектом в химическом машиностроении. В работе [5] металлические пористые гранулы с твердыми пористыми структурами сравнивались по характеристикам перепада давления и теплопередачи.

Этилен является важной составляющей нефтехимической промышленности. Важной задачей при производстве этилена является его очистка от побочных компонентов, например, ацетилена. В этом случае очистку можно проводить гидрированием до этилена. Однако не только ацетилен, но и этилен гидрируется до этана. Таким образом, процесс должен происходить в присутствии катализатора с параметрами селективности, позволяющими гидрирование ацетилена, но не способствующими гидрированию этилена.

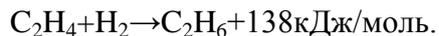
Постановка задачи и метод решения

Для построения модели движения химически-реагирующего потока необходимы экспериментальные данные, которые были взяты из работ [6-8]. Процесс гидрирования ацетилена до этилена проходит в реакторе высокопористого ячеистого катализатора с нанесением палладия. Испытания катализатора проводятся в изотермическом цилиндрическом реакторе. Реактор представляет собой полую стальную трубу длиной 700 мм и внутренним диаметром 20 мм. В середине реактора находится образец высокопористого ячеистого катализатора высотой 55 мм. Перед катализатором и на катализаторе насыпан кварц, который представляет собой бесформенную гранулу диаметром 3-5 мм. Температура газа 25-75 °С, давление 1 атм. Используемый газ представляет собой фракцию аргона (24%), этилена (75%) и ацетилена (1%). Проходя через слой катализатора ацетилен гидрируется до этилена.

Рассмотрим две реакции: гидрирования ацетилена до этилена



и гидрирования этилена до этана



Построим модель лабораторного катализатора, которая соответствует проведенным экспериментальным исследованиям (рис. 1).

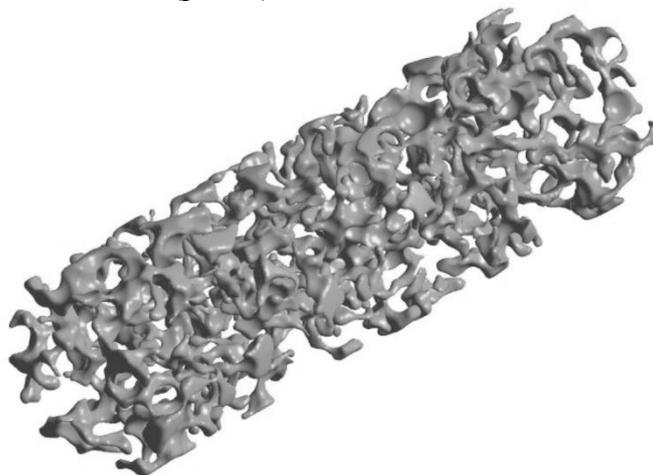


Рис. 1. Модель катализатора на основе высокопористого проницаемого ячеистого материала

Решение описанной проблемы проводится методом конечных объемов с разбиением рассматриваемой области реактора на элементы треугольной формы. Рассматриваемый поток является стационарным. Для многокомпонентной газовой фазы записаны законы сохранения массы, импульса и энергии выполняются. Мы используем программное обеспечение ANSYS Fluent 19.0 для решения записанной системы уравнений. Многие параметры свойств компонента взяты из базы данных используемого программного обеспечения. Физико-химические свойства компонентов мы берем по полиномиальной зависимости от температуры.

Результаты исследования и их обсуждение

Численные расчеты проведены для диапазона температуры подаваемого газа от 30°C до 60°C. Проведем количественный анализ конверсии и селективности процесса гидрирования ацетилена при прохождении через слой катализатора. На рисунке 2 представлены результаты экспериментальных исследований и численных расчетов.

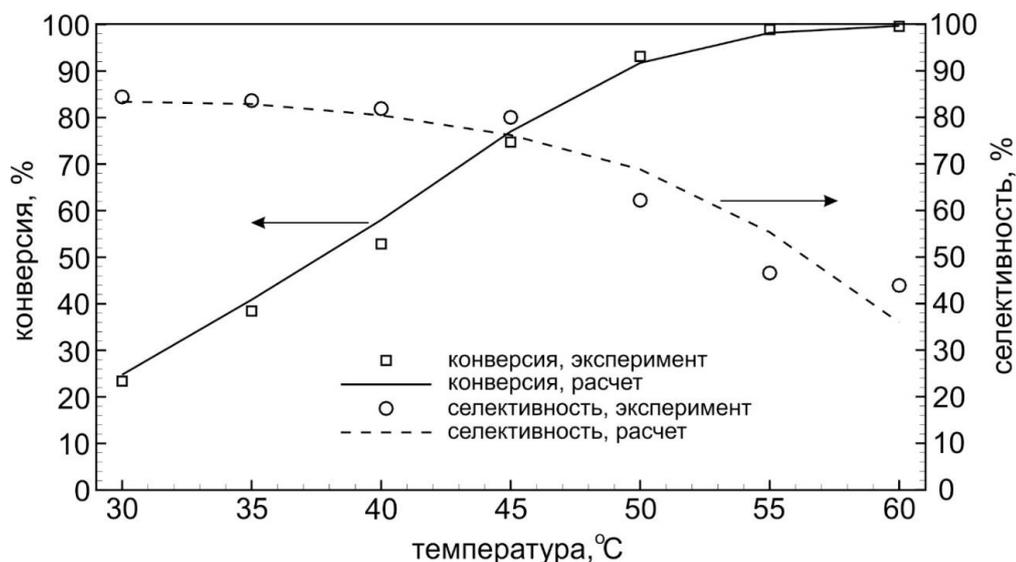


Рис. 2. Рассчитанные конверсия и селективность процесса гидрирования ацетилена для высокопористого катализатора

Из рисунка видно, что результаты численных расчетов показывают хорошее согласие с результатами проведенных экспериментов. При этом наилучшее совпадение результатов наблюдается для конверсии при прохождении через высокопористый катализатор. При расчете селективности процесса по построенной математической модели наибольшие расхождения наблюдаются при большей температуре. Это может быть связано с появлением большего количества побочных реакций и продуктов, чем в выбранном приближении модели.

Заключение

Построена модель высокопористого проницаемого ячеистого катализатора и математическая модель процесса каталитического селективного гидрирования ацетилена. Проведены расчеты моделей лабораторных реакторов катализатора для высокопористого проницаемого ячеистого материала.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-41-160005.

Список литературы

1. *Giani L., Groppi G., Tronconi E.* Mass-transfer characterization of metallic foams as supports for structured catalysts // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2005. V. 44, № 14. P. 4993-5002.
2. *Richardson J.T., Peng Y., Remue D.* Properties of ceramic foam catalyst supports: pressure drop // *Applied Catalysis A: General*. 2000. V. 204, № 1. P. 19-32.
3. *Lu T.J., Stone H.A., Ashby M.F.* Heat transfer in open-cell material foams // *Acta Materialia*. 1998. V. 46, № 10. 3619-3635.
4. *Patcas F.C., Garrido G.I., Kraushaar-Czarnetzki B.* CO oxidation over structured carriers: A comparison of ceramic foams, honeycombs and beads // *Chemical Engineering Science*. 2007. V. 62, № 15. P. 3984-3990.
5. *Kolaczowski S.T., Awdry S., Smith T., Thomas D., Torkuhl L., Kolvenbach R.* Potential for metal foams to act as structured catalyst supports in fixed-bed reactors // *Catalysis Today*. 2016. V. 273. P. 221-233.
6. *Назаров М.В., Ласкин А.И., Ильясов И.Р., Ламберов А.А., Шатилов В.М., Бикмурзин А.Ш., Назмиева И.Ф.* Опытные-промышленные испытания катализатора селективного гидрирования ацетилена // *Катализ в промышленности*. 2013. № 2. С. 39-44.
7. *Ильясов И.Р., Назаров М.В., Ламберов А.А.* Синтез и исследование палладиевых катализаторов, нанесенных на композит δ -Al₂O₃/Ni // *Катализ в промышленности*. 2014. № 6. С. 50-58.
8. *Ильясов И.Р., Назаров М.В., Ламберов А.А.* Исследование взаимодействия частиц палладия с кислотными центрами δ -Al₂O₃ и композита δ -Al₂O₃/Ni ВПЯМ. // *Катализ в промышленности*. 2018. № 1. С. 33-40.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (05.13.19)**

05.13.19

Е.Н. Созинова канд. техн. наук

Университет ИТМО,
факультет безопасности информационных технологий,
s.ekaterina-nik@mail.ru

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ
РАБОТЫ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В статье рассматривается информационно-аналитическая работа в сфере информационной безопасности, описываются особенности такой работы и специфические требования к сотрудникам. Автор перечисляет основные этапы информационно-аналитической работы, адаптированные к сфере информационной безопасности, поясняет ее сущность.

Ключевые слова: *информация, аналитика, информационно-аналитическая работа, информационная безопасность, защита информации, служба безопасности.*

Последнее время все больше внимания уделяется информационно-аналитической работе в разных сферах. Особенно актуально данное направление становится в сфере информационной безопасности. Мировой опыт показывает, что информационно – аналитическая служба наиболее эффективно функционирует, именно как ядро службы безопасности организации. Если информационно – аналитической работой занимается подразделение, входящее в состав службы безопасности организации, то требуется применять соответствующий подход к такой работе[1].

Сущность информационно-аналитической работы заключается в следующем: создание на базе добываемых и собираемых сведений и материалов, которые часто имеют отрывочный, разрозненный и противоречивый характер, обобщенной, а поэтому качественно новой информации, раскрывающей интересующие вопросы об объектах (явлениях) наблюдения и изучения.

Для того чтобы рассмотреть более подробно особенности проведения информационно – аналитической работы в сфере информационной безопасности, нужно описать унифицированный алгоритм проведения такой работы [2]

Основные этапы проведения информационно – аналитической работы в сфере информационной безопасности:

1. подготовительный этап (определение цели, задач информационно-аналитической работы, перечня объектов (явлений) наблюдения и изучения, определение ответственных лиц);

2. накопление данных (анализ обстановки, изучение существенных факторов, определение источников информации, сбор сведений, систематизация полученной информации, запросы в нужные инстанции, интерпретация информации);

3. обработка полученной информации (первичное ознакомление, изучение всей собранной информации, оценка полноты и достоверности);

4. подготовка специальной информации (составление плана, подбор и систематизация данных, подготовка к аналитике);

5. аналитический этап (выбор метода проведения информационно-аналитической работы или комплекса методов, их оценка, адаптация к тематике изучаемой проблемы, этап анализа и обобщения);

6. выводы (принятие окончательного информационного решения, формулирование выводов, разработка рекомендаций);
7. разработка отчетно-информационных документов;
8. представление результатов заказчику.

К отчетно-информационным документам предъявляется ряд требований, основными из которых являются [3]:

- своевременность;
- соответствие поставленным задачам;
- полнота содержания и краткость изложения;
- достоверность;
- преемственность;
- обоснованность и глубина выводов;
- высокая оформительская культура.

Очень важно, чтобы существовал замкнутый цикл подготовки материалов, начиная от процедуры определения показателей сбора информации, ее классификации, автоматизированной обработки и заканчивая ее анализом, разработкой прогнозов и практических рекомендаций [4].

Важнейшими отличительными чертами информационно-аналитической работы, отличающей ее от такой сферы, как научная деятельность, является необходимость решения большинства информационных задач в условиях недостатка необходимых сведений и дефиците времени. Информационно – аналитическая работа по своей методологии весьма близка к научным изысканиям. Но существуют два значительных различия.

Во-первых, у ученого-исследователя время на выполнение работы практически не ограничено. У аналитика, к аналитическим материалам помимо их достоверности и обоснованности, предъявляются еще весьма жесткие требования по оперативности и актуальности [2].

Во-вторых, в отличие от академических исследований, «производственные» аналитические материалы имеют более прикладной характер, опираются не столько на глубокую, самостоятельную разработку проблем, сколько на привлечение специалистов, экспертов, и обобщение уже готового материала, на координацию исследований экспертов. А поскольку содержать в штате экспертов-специалистов по всем направлениям невозможно, в этом плане очень важно иметь возможность получения квалифицированных консультаций в режиме реального времени [5].

Еще одной из отличительных особенностей информационно-аналитической работы в сфере информационной безопасности, является не столько техническое обеспечение и масштаб обрабатываемых информационных потоков, сколько четкая постановка задач и непосредственное взаимодействие с потребителями аналитических материалов.

Четко и точно сформулировать требования к требуемым аналитическим материалам довольно сложно. Поэтому определение информационных интересов конкретного круга потребителей представляет собой одну из наиболее сложных задач для аналитиков, проводящих информационно – аналитическую работу в сфере информационной безопасности [3].

Другой не менее важной особенностью информационно-аналитической работы в сфере информационной безопасности, является качество сотрудников-аналитиков, обеспечивающих эту деятельность в организации. Многие стараются привлекать к аналитической работе - аналитиков из других сфер. Но тут очень важно понимать, что качественно и эффективно такую работу смогут выполнить только специалисты по информационной безопасности. Но не каждый специалист в сфере информационной безопасности сможет качественно провести информационно-аналитическую работу [6].

Отмеченные особенности предъявляют специфические требования к лицам, осуществляющим информационно-аналитическую работу в организации [4]. К основным требованиям относятся:

- глубокое понимание философской и физической сущности такого явления как “информация”;
- умение грамотно использовать общенаучный и специальный методологический аппарат информационно-аналитической работы, возможности существующих и перспективных информационных технологий;
- наличие широкого кругозора в своей предметной области и желание его постоянного расширять;
- умение оперативно ориентироваться в постоянно возрастающих информационных потоках, циркулирующих в природе и в обществе;
- способность выбирать рациональные режимы сбора и обработки информации;
- способность грамотно принимать информационное решение, обоснованно его излагать в устной и письменной формах и т.д.

Важность, точность, своевременность, качественность, реальность, — все эти качества информации, напрямую зависящие от компетенции обрабатывающих сведения людей. От их профессиональной подготовки, опыта, и, что не менее важно, от личных качеств аналитика [5].

Задачи, решаемые с помощью информационно – аналитической работы, не затрагивают процессов принятия управленческих решений руководителями, но позволяют получить важнейшую информацию, структуру прямых и опосредованных связей изучаемого объекта и очертить среди них «проблемные точки» (источники угроз, критические риски, объекты интереса).

Как показывает мировой опыт, непереносимое условие высокой эффективности работы информационно - аналитических подразделений – непосредственное участие их сотрудников в той деятельности, которую они обслуживают. Таким образом, сотрудник проводящий информационно – аналитическую работу в сфере информационной безопасности должен быть не только специалистом по информационной безопасности но и отличным аналитиком.

Список литературы

1. Гаврюшин Е.И., Линдер И.Б. О некоторых аспектах аналитической работы в частных структурах безопасности // В мире права.- 2004.- № 1.
2. Каталог научных материалов: статья Томшин А.П. Некоторые особенности информационно-аналитической работы в системе информационной безопасности предприятия. URL: <https://lib.kreatiffchik.ru/nekotoryie-osobennosti-informatsionno-analiticheskoy-raboty-i-v-sisteme-informatsionnoy-bezopasnosti-predpriyatiya.html> (дата обращения 01.03.20)
3. Артемов А.В. Информационная безопасность: курс лекций. - Издательство Литагент «МАБИВ», 2014 год.
4. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие. - Издательство ДМК-Пресс, 2017 год.
5. Тумбинская М., Петровский М. Защита информации на предприятии: учебное пособие. Специальная литература. - Издательство Лань, 2020 год.
6. Сычев Ю. Стандарты информационной безопасности. Защита и обработка конфиденциальных документов: учебное пособие. - Издательство Инфра-М, 2020 год.

05.13.19

С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов д-р техн. наук, В.А. Минаев д-р техн. наук

АО «Объединенная ракетно-космическая корпорация» -
«НИИ – космического приборостроения»,
Москва, smich-kr@mail.ru,
НЧОУ ВО «КИИЗ»,
Краснодар, kiiz@rambler.ru,
МГТУ имени Н.Э.Баумана,
Москва, mlva@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В работе разработана математическая модель пропускной способности корпоративной сети (КС) Главного управления внутренних дел (ГУВД) субъектов Российской Федерации, позволяющая в отличие от известных методов [1] оценить вероятность пропускной способности в зависимости от количества личного состава, числа дежурств, производительности оператора-специалиста, и нагрузки на КС.

Ключевые слова: корпоративная сеть, пропускная способность, оператор-специалист, вероятность пропускной способности, ГУВД субъекта Российской Федерации.

Известно, что пропускная способность КС зависит от многих факторов, таких как количество личного состава, нагрузка, квалификация специалистов-операторов, количества и производительности операторов и др. [1,2], что накладывает сложности в разработке математической модели для комплексной оценке пропускной способности отдела обработки информации корпоративной сети, с учетом всех указанных факторов.

Разрешение этой сложной задачи можно найти только на базе использования системного подхода. Используя системный подход [3], рассмотрим структуру и динамику функционирования ООИ корпоративной сети ГУВД субъектов Российской Федерации. Определим его пропускную способность на основе средней вероятности обработки заданного потока информации. Пусть в ООИ имеется i операторов, которые могут участвовать в обработке входящей информации. В ходе дежурства на обработку может поступить $S = 1, 2, 3, \dots, j$ сообщений. Каждый оператор-специалист обладает различной степенью квалификации. Поэтому для различения специалистов по степени подготовленности к обработке информации введем весовые коэффициенты m_k , «к» = $1, 2 \dots i$. Чем менее квалифицированный специалист, тем большее значение должно быть присвоено коэффициенту m_k и наоборот. Обозначим вероятность обработки одного сообщения, как P_s . Требуется определить среднюю вероятность обработки поступающего потока сообщений P_p . Тогда при поступлении в отдел обработки информации S сообщений для вероятности обработки одного сообщения можем записать [4]:

$$P_s = \frac{1}{S} \quad (1)$$

Для учета квалификации операторов-специалистов в ф. (1) введем коэффициент m_k . Если m_k ввести в знаменатель выражения (1), то очевидно формула (2) будет отражать физическую сущность процесса обработки сообщения.

$$P_{ks} = \left(\frac{1}{m_k + S} \right), \quad (2)$$

где P_{ks} - вероятность обработки одного сообщения «к»-м специалистом.

Хотя m_k и не поддается точной количественной оценке, но тем не менее «взвешивание» специалистов ООИ можно производить экспертным путем [5], принимая во внимание стаж работы, переподготовку, классную квалификацию и т.д.. Такой подход будет более объективно отображать процесс обработки информации и, следовательно, даст возможность пользоваться ф.(2) для выработки не только качественных, но и количественных рекомендаций. При этом коэффициент m_k достаточно варьировать в пределах от 0 до 10.

В процессе дежурства один оператор-специалист может обработать n_k сообщений, вероятность этого события будет равна:

$$\alpha_{ks} = 1 - [1 - P_{ks}]^{n_k} \tag{3}$$

Тогда для вероятности обработки сообщений в течение всего дежурства i -операторами можем записать:

$$P_{si} = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i \alpha_{ks} = \frac{1}{i} \sum_{k=1}^i [1 - (1 - P_{ks})^{n_k}] \tag{4}$$

Если в течение дежурства нагрузка увеличится в j раз, то вероятность обработки информации определяется выражением:

$$P_y = \prod_{s=1}^j P_{S_i} = \frac{1}{i} \prod_{s=1}^j \left\{ \sum_{k=1}^i [1 - (1 - P_{ks})^{n_k}] \right\} \tag{5}$$

Формула (5) справедлива для оценки вероятности обработки информации для штатной численности ООИ в течение одного дежурства. Представляет интерес оценить усредненную вероятность обработки информации при заданной нагрузке штатным личным составом в течение Q дежурств. Тогда усредненная вероятность обработки информации за Q дежурств определится:

$$P_n(Q) = 1 - (1 - P_y)^Q, \tag{6}$$

где Q – количество дежурств.

Таким образом, в отличие от известных подходов [1], получили математическую модель для оценки пропускной способности ООИ в зависимости от таких параметров как:

- $k=1,2,..i$ - количество личного состава ООИ;
- m - уровень профессиональной подготовленности;
- Q - количество дежурств;
- n_k - производительность одного оператора за смену.

То есть можем определить вероятность обработки информации ООИ, как функцию вероятности от указанных выше параметров:

$$P_n = f(k, m_i, Q, n_k, j). \tag{7}$$

В качестве примера, для нахождения вероятности обработки ООИ текущей входящей нагрузки произведем расчеты по формуле (6) при следующих исходных данных:

- $P_n = f(k=2, m_1=0, m_2=10, Q=4, Q=6, n_k=20, j_1=7, j_2=14);$
- $P_n = f(k=3, m_1=0, m_2=0, m_3=10, Q=4, Q=6, n_k=20, j_1=7, j_2=14);$
- $P_n = f(k=2, m_1=0, m_2=10, Q=4, Q=6, n_k=40, j=7);$
- $P_n = f(k=3, m_1=0, m_2=0, m_3=10, Q=4, Q=6, n_k=40, j=7).$

При расчетах индекс i изменялся от 1 до k : $i = 1,2,3...k$. Результаты расчетов сведены в таблицу № 1.

Таблица № 1. Вероятность обработки личным составом текущей нагрузки

k	m_i	Q	$n_k=20$		$n_k=40$
			J=7	J=14	J=7
2	$m_1=0$	4	0,6	0,007	0,98
	$m_2=10$	6	0,7	0,01	0,997
3	$m_1=0$	4	0,83	0,26	0,81
	$m_2=0$ $m_3=10$	6	0,93	0,36	0,91

Анализ результатов таблицы № 1, показывает, что усредненная вероятность обработки текущей нагрузки P_n штатным личным составом зависит от производительности одного оператора за смену n_k , общего количества штатного личного состава k , числа дежурств Q и профессионального мастерства личного состава m_i $i=1,2,3\dots k$. Например, из таблицы видно, что увеличение количества дежурств, приводит к возрастанию вероятности обработки информации при той же текущей нагрузке на ООИ. С другой стороны увеличение профессионального мастерства операторов, при одинаковых дежурствах, приводит к резкому возрастанию средней вероятности обработки информации P_n . Например, при $k=2$, $n=20$, $j=7$ и коэффициентах $m_1=0$ и $m_2=10$, $P_n=0,6$, в то время как при $k=3$, $n=20$, $j=7$ и коэффициентах $m_1=0$, $m_2=0$ и $m_3=10$ $P_n=0,83$. То есть увеличение профессионализма (классной квалификации) операторов приводит к значительному возрастанию средней вероятности обработки информации P_n . Однако если параметры ООИ не меняются, а нагрузка (количество сообщений) увеличивается, то средняя вероятность P_n обработки резко падает. Например, при $n_k=20$, $Q=4$, $k=2$, при $j=7$ вероятность $P_n=0,6$, а при увеличении сообщений до $j=14$ средняя вероятность резко уменьшается до $P_n=0,007$. С другой стороны, такое резкое падение средней вероятности P_n можно уменьшить или даже наоборот повысить за счет увеличения производительности операторов. Например, при тех же исходных параметрах увеличение $n_k=20$ до $n_k=40$ поднимает среднюю вероятность P_n до значения: $P_n=0,98$.

Вывод. Подход к функционированию ООИ как к сложной системе и применение для ее анализа методологии системного подхода позволили аналитически описать процесс обработки информации с учетом всей совокупности параметров ООИ и найти обобщенный количественный критерий оценки его пропускной способности. В качестве такого критерия выступает средняя вероятность обработки заданного объема информации P_n в течение заданного промежутка времени.

Разработанная математическая модель ООИ позволяет оптимизировать его пропускную способность с учетом всего комплекса факторов, влияющих на среднюю вероятность обработки криптограмм P_n . Если вероятность P_n в результате оптимизации рассматриваемых параметров устремляется к 1, то это означает, что ООИ будет обеспечивать необходимую пропускную способность при заданной нагрузке.

Список литературы

1. *Крупенин А.В.* Анализ статистики нагрузки на информационную систему органа обработки документальной информации ОВД субъекта РФ и разработка объективной методики определения его оргштатной структуры. // Вопросы защиты информации: журн./ФГУП «ВИМИ». – М.: 2009. Вып. 1, С.26-30
2. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие \ В.А.Васин, И.Б.Власов, Ю.М.Егоров и др.; Под ред. Федорова.- М.: Изд. МГТУ им. Н.Е.Баумана, 2004. – 768 с.
3. *Клейнер Г.* Системная парадигма и теория предприятия. // Вопросы экономики. - 2002. - № 10. - С. 47-69.
4. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей : учебник / Е.С.Вентцель. — 11-е изд., стер. — М.: КНОРУС, 2010.— 664 с
5. *Халафян А.А.* STATISTICA 6 Статистический анализ данных. Второе издание. – М.: Бином, 2009. - 512 с.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

В.С. Минкин, А.Г. Замалиев, И.Н. Набиуллин,
М.А. Мухамедзянов, Р.Н. Хамидуллин
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ С МАГНИТНЫМИ
СВЯЗЯМИ ЗВЕНЬЕВ

Ключевые слова: Зубчатое колесо, дифференциальный механизм, магнитные связи, редуктор.

Рассмотрен дифференциальный механизм с магнитными связями звеньев. Даны расчетные формулы для определения угловых скоростей звеньев механизмов. Показаны возможности использования механизма в различных сферах деятельности людей.

V.S. Minkin, A.G. Zamaliev, I.N. Nabiullin,
M.A. Mukhamedzyanov, R.N. Khamidullin
DIFFERENTIAL MECHANISM WITH MAGNETIC LINKS
OF LINKS

Keywords: Gear wheel, different mechanism, magnetic links, gear box.

A differential mechanism with magnetic links of links is considered. The calculation formulas for determining the angular velocities of the mechanism links are given. The possibilities of using the mechanism in various spheres of human activity are shown.

Г.Н. Аглямзянова, Л.З. Гумерова
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM-СИСТЕМ В ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Ключевые слова: проектная деятельность обучающихся, CRM-система, Битрикс24, информационные технологии.

Использование современных информационных технологий в организации образовательного процесса, в частности, проектной деятельности обучающихся. Построение эффективной совместной деятельности участников проекта на основе использования CRM-системы Битрикс24.

G.N. Aglyamzyanova, L.Z. Gumerova
USE OF CRM SYSTEMS IN THE ORGANIZATION OF
PROJECT ACTIVITIES OF STUDENTS

Keywords: project activities of students, CRM system, Bitrix24, information technologies.

The use of modern information technologies in the organization of the educational process, in particular, the project activities of students. Building effective joint activities of project participants based on the use of the Bitrix24 CRM system.

А.П. Буйносов, Е.С. Юдт, А.Т. Шарапов
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ОТКАЗОВ
ТЯГОВЫХ ПЕРЕДАЧ ЭЛЕКТРОВЗОВ

Ключевые слова: электровоз, тяга, передача, отказ, зубчатая передача, причина, анализ.

Приводятся результаты статистического анализа причин отказа тяговой передачи грузовых электровозов. Приведенная полученная информация в различных локомотивных депо на плановых и неплановых ремонтах позволила выделить наиболее значимые причины отказов зубчатой передачи, приводящие к выходу из строя тягового привода.

A.P. Buinosov, E.S. Yudt, A.T. Sharapov
ANALYSIS OF THE MAIN REASONS FOR FAILURES OF
ELECTRIC TRUCK TRANSMISSIONS

Keywords: electric locomotive, traction, gear, defect, gear, analysis.

The results of a statistical analysis of the causes of failure of traction transmission of freight electric locomotives are presented. The information received in various locomotive depots at scheduled and unscheduled repairs allowed us to identify the most significant causes of gear failure, leading to failure of the traction drive.

Р.М. Галиев, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов,
Д.К. Шакуров, Т.А. Тухватуллин
АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ СТОЯНКИ

Ключевые слова: эвакуатор, специализированная стоянка, площадь стоянки, число автомобиле - мест, списочное количество.

В статье рассматриваются требования к специализированным стоянкам. Анализируется существующая специализированная стоянка г. Набережные Челны. На основании анализа предложен расчет списочного количества специального грузового транспорта с погрузочно-разгрузочным устройством для транспортирования автомобилей.

R.M. Galiev, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov,
D.K. Shakurov, T.A. Tukhvatullin
ANALYSIS AND PROCESSING INFORMATIONAL
PARAMETER SPECIALIZED PARKING

Keywords: tow truck, specialized Parking, parking area, the number of car - places, list amount.

In the article the requirements for specialized parking is considered. The existing specialized parking of the city of Naberezhnye Chelny is analyzed. Based on the analysis, the calculation of the list amount of special freight vehicles with a loading and unloading device for cars transportation is proposed.

П.Н. Горяев
ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ
ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Ключевые слова: Городская территория, управление, моделирование, экономика, развитие, контроль.

Статья посвящена применению инструментальных подходов для оперативной оценки городских территорий, на основе использования современного программного обеспечения и данных открытых источников, позволяющих обеспечить устойчивое развитие современных городов, улучшить эффективность городского управления, повысить качество жизни населения во всех сферах, в том числе экономической, социальной и экологической.

P.N. Garyaev
APPLICATION OF MODERN INFORMATION
TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF DYNAMICS OF
DEVELOPMENT OF URBAN TERRITORIES

Keywords: Urban territory, management, modeling, economics, development, control.

The article is devoted to the use of instrumental approaches for the rapid assessment of urban areas, based on the use of modern software and open source data, which ensure the sustainable development of modern cities, improve the efficiency of urban management, improve the quality of life of the population in all areas, including economic, social and environmental.

В.В. Горяева

ПРИНЦИПЫ ПЕРЕХОДА К МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ
«УМНЫЙ ГОРОД»*Ключевые слова: Умный город, управление, моделирование, экономика, развитие, контроль.**Статья посвящена анализу характерных черт, опыта внедрения технологий Умного города позволяющих обеспечить устойчивое развитие современных городов, улучшить эффективность городского управления, повысить качество жизни населения во всех сферах, в том числе экономической, социальной и экологической.*

V.V. Garyaeva

AUTOMATION OF MONITORING OF CONSTRUCTION
ACTIVITY OF REMOTE OBJECTS*Keywords: Smart city, management, modeling, economics, development, control.**The article is devoted to the analysis of the characteristic features, the experience of introducing the technologies of the Smart City, which allow for the sustainable development of modern cities, improve the efficiency of urban management, improve the quality of life of the population in all spheres, including economic, social and environmental. A study was conducted to determine the principles of transition from the traditional model of city management to the model of "Smart City". Successive stages of this transition are proposed.*

В.М. Гришин, Ву Чонг Туан

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ПАССИВНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ
ПОДСИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ
ДОПУСКОВ*Ключевые слова: безотказность подсистем, безотказность элементов, кратность резервирования, назначенный и реализуемый допуски, кратное и не кратное резервирование. Работа посвящена выбору оптимальных параметров структур пассивно резервированных подсистем летательных аппаратов (ЛА) с учетом допусков. на уменьшение их выходных характеристик при отказах элементов и требуемой их безотказности. Показано, что синтез структуры основан на решении двухкритериальной задачи оптимизации, которая разными способами может быть сведена к одному критерию. В работе выбран способ линейной свертки. Исследовано влияние величин требуемой безотказности и допусков на оптимальную структуру пассивного резервирования подсистем ЛА.*

V.M. Grishin, Vu Trong Tuan

SYNTHESIS OF STRUCTURE PASSIVE REDUNDANCY
SUBSYSTEMS OF FLYING OBJECTS WITH ALLOWANCE
FOR TOLERANCES*Keywords: the reliability of subsystems, the reliability of elements, redundancy ratio, assigned and implemented tolerances, multiple and non-multiple redundancy.**The work is devoted to the selection of the optimal parameters of the passive structures of the redundant subsystems of flying objects with allowance for tolerances on reduction of their output characteristics at failures of elements and their required reliability. It is shown that the synthesis of the structure is based on the solution of a two-criterion optimization problem, which can be reduced to one criterion in different ways. In work linear convolution method is selected. The influence of the required reliability and tolerances on the optimal structure of the passive of the redundancy of the subsystems of flying objects is investigated.*

А.В. Запорожцев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ В РАБОТЕ С
ТРЕБОВАНИЯМИ*Ключевые слова: система, модель системы, стейкхолдер, требование, модель требований, управление требованиями, практика, дисциплина, технология.**Современный подход к проектированию и модернизации систем исходит из необходимости учета требований всех лиц заинтересованных в успешном завершении проекта. В статье рассмотрена проблема коммуникации инженера по требованиям с заинтересованными лицами - стейкхолдерами. Процесс выявления требований осложняется субъективным восприятием каждого из стейкхолдеров – особенностями его восприятия предметной области. Для решения этой проблемы предлагается строить модель системы (проблемной области), что позволяет обсуждать эту модель со всеми стейкхолдерами, вносить изменения, добиваться согласованного понимания системы. Такой подход повышает качество работы с требованиями и увеличивает вероятность создание успешной системы.*

A.V. Zaporozhtsev

USING THE SYSTEM MODEL TO WORK WITH
REQUIREMENTS*Keywords: system, system model, stakeholder, requirement, requirements model, requirements management, practice, discipline, technology.**The modern approach to the design and modernization of systems is based on the need to take into account the requirements of all persons interested in the successful completion of the project. The article deals with the problem of communication between the requirements engineer and stakeholders. The process of identifying requirements is complicated by the subjective perception of each of the stakeholders-the peculiarities of their perception of the subject area. To solve this problem, it is proposed to build a model of the system (problem area), which allows you to discuss this model with all stakeholders, make changes, and achieve a consistent understanding of the system. This approach improves the quality of working with requirements and increases the likelihood of creating a successful system.*

Ф.А. Ковалев, В.В. Малышев

АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К
ПОСТРОЕНИЮ НАЗЕМНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ
ДАННЫХ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО СКАНЕРА*Ключевые слова: дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), геологическое исследование, съемка изображения, карта, схема, искажение.**В работе рассматривается анализ и обоснование требований к построению наземной обработки данных самолетного сканера с учетом различного типа возмущений. Также стоит задача сравнения съемки самолетной и спутниковой системы с тем, чтобы обосновать принцип построения наземного комплекса обработки данных самолетной системы ДЗЗ. Итог сравнения обработки самолетной съемки и спутниковой системы ДЗЗ будет представлен в виде таблицы и схемы комплекса наземной обработки данных.*

F.A. Kovalev, V.V. Malyshev

ANALYSIS AND JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS
FOR BUILDING A GROUND DATA PROCESSING SYSTEM
FOR AN AIRCRAFT SCANNER*Keywords: remote sensing of the earth (remote sensing), geological survey, image capture, map, diagram, distortion.**The paper considers the analysis and justification of requirements for the construction of ground data processing of an aircraft scanner taking into account various types of disturbances. It is also necessary to compare the survey of the aircraft and satellite systems in order to justify the principle of building a ground-based data processing complex of the aircraft remote sensing system. The result of comparing the processing of the aircraft survey and the satellite remote sensing system will be presented in the form of a table and a diagram of the ground data processing complex.*

П.С. Кулясов

ГЕНЕРАЦИЯ ИНДЕКСНЫХ СТРУКТУР НА БАЗЕ
АЛГЕБРАИЧЕСКИХ РЕШЕТОК И ИХ ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ*Ключевые слова: индекс, компонент, интерфейс,
алгебраическая решетка, онтология.*

В работе представлен алгоритм генерации индексных структур на базе алгебраических решеток, описывающих и систематизирующих операции над интерфейсами ("интеграция", "сопряжение" и "фильтрация"). Сами структуры позволяют осуществлять быстрый поиск нужных интерфейсов и компонентов системы. Предлагается способ онтологического представления индексных структур, позволяющий их использовать в системах на основе Semantic Web.

P.S. Kulyasov

GENERATION OF INDEX STRUCTURES BASED ON
ALGEBRAIC LATTICES AND THEIR ONTOLOGICAL
REPRESENTATION*Keywords: index, component, interface, algebraic lattice,
ontology.*

The paper presents an algorithm for generating index structures based on algebraic lattices that describe and systematize operations on interfaces ("integration", "conjugation" and "filtering"). The structures themselves allow you to quickly search for the necessary interfaces and components of system. A method for ontological representation of index structures is proposed, which allows them to be used in systems based on Semantic Web.

А.В. Шавлов, В.С. Анацкий, В.А. Астапенко

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В СЛОЖНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРИ ВЫРАБОТКЕ РЕШЕНИЯ*Ключевые слова: информационная модель, сложные
технические системы, техническое состояние,
диагностические параметры, принятие решения,
оптимальный синтез информационной модели,
характеристики выходной информации, моделирование
сложных систем, определение периодичности выдачи
информации, автоматизированная система управления.*

В статье рассмотрен состав выходной информации автоматизированной системы диагностирования сложных технических систем. Данная работа раскрывает две задачи оптимального синтеза информационной модели: распределение оптимального синтеза информационных элементов в информационной модели и определение периодичности выдачи выходной информации. Дана количественная оценка сложности информационной модели выходной информации, введен показатель эффективности в универсальной форме. В настоящей работе решаются вопросы оптимального синтеза информационной модели выходной информации, анализируется общее время переработки информации и принятия решений, подбирается наиболее эффективный вариант решения. Наряду с вышесказанным, в статье дана оценка влияния характеристик пользователей и структурно-объемных характеристик информационной модели на общее время переработки информации и принятия решений.

A.V. Shavlov, V.S. Anatskii, V.A. Astapenko

MATHEMATICAL MODELING THE EFFICIENCY OF
INFORMATION IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS IN
REACHING A DECISION*Keywords: Information model, complex technical systems,
technical condition, diagnostic parameters, decision-making,
optimal synthesis of the information model, output information
characteristics, modeling complex systems, determination of
periodicity of information issuance, computer control system.*

The article considers the composition of the output information of the automated system for diagnosing complex technical systems. The article reveals two problems of optimal synthesis of the information model: the distribution of the optimal synthesis of information elements in the information model and the determination of the periodicity of output information. A quantitative assessment of the complexity of the information model of output information is given, an efficiency indicator in a universal form is introduced. In this paper, the problems of optimal synthesis of the information model of output information are solved, the total time of information processing and decision-making is analyzed.

The article assesses the impact of user characteristics and structural and volumetric characteristics of the information model on the total time of information processing and decision-making.

И.В. Зайченко, В.С. Соколова, С.А. Гордин, В.В. Бажеряну
ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПРЕДПРИЯТИЯ*Ключевые слова: математическое моделирование,
технологических процессов производства, АВХМ, управление
микроклиматом.*

Определены основные технологические параметры при реализации автоматизированной системы управления микроклиматом предприятия на примере авиационного производства. Произведен термодинамический расчет абсорбционной системы, построена математическая модель, выполнено моделирование системы управления микроклиматом. Обоснована целесообразность предложенного решения.

I.V. Zaychenko, V.S. Sokolova, S.A. Gordin, V.V. Bazheryanu
PARAMETRIC IDENTIFICATION AND MATHEMATICAL
MODELING OF THE ENTERPRISE MICROCLIMATE
CONTROL SYSTEM*Keywords: mathematical modeling, technological processes of
production, АВХМ, climate control.*

The main technological parameters are determined during the implementation of the automated climate control system of an enterprise using the example of aviation production. The thermodynamic calculation of the absorption system was carried out, a mathematical model was built, and the climate control system was simulated. The feasibility of the proposed solution is justified.

Г.Е. Кокиева

ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЯМИ
ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В АРКТИКЕ*Ключевые слова: электроотопление, теплоснабжение,
инновационные пути, газотранспортная система,
окупаемость предприятий, тепловая энергетика,
возобновляемые источники энергии, электроэнергетика,
нефтегазовая отрасль, угольная промышленность.*

G.E. Kokieva

INNOVATIVE WAYS OF MANAGING THE LIFE SUPPORT
SECTORS IN THE ARCTIC*Keywords: electric heating, heat supply, innovative ways, gas
transmission system, payback of enterprises, thermal power
engineering, renewable energy sources, electric power industry,
oil and gas industry, coal industry*
In the medium term, there is a real opportunity, with the help of

В среднесрочной перспективе появляется реальная возможность с помощью инвестиций ПАО «Газпром» перевести на природный газ населенные пункты вилюйской, центральной, южной и западной части республики. При этом зона централизованного электроснабжения в перспективе будет влиять на формирование систем теплоснабжения через газификацию населенных пунктов при создании единой газотранспортной системы и через электроотопление. Это позволит существенно изменить подходы к теплоснабжению в вышеизложенных районах республики. При газификации ожидается заметное снижение себестоимости выработки тепловой энергии в этих районах, что позволит выйти на полную окупаемость предприятий ЖКХ в этих районах. В связи с этим целью данной работы является изучение и поиски инновационных путей управления отраслями жизнеобеспечения в Арктике при синхронизации их развития, реструктуризации и реформирования.

Г.Е. Кокиева, В.П. Друзьянова
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ
КОРМОВ

Ключевые слова: гранулирование кормов, энергоёмкость производства, гранулирование, экономическая эффективность, комбикормовые предприятия, питательные вещества, техническое решение, вскармливание сельскохозяйственных животных, формула приведенных затрат, рецептура гранул, рост продуктивности.

Одним из важнейших вопросов, связанных с организацией промышленного производства, является выбор наиболее рациональной и экономически обоснованной технологии, вытекающей из конкретных условий каждой зоны. Причем в условиях постоянно развивающихся межхозяйственных связей, когда вследствие особенностей технологии производства особенно важное народнохозяйственное значение приобретает вопрос экономической оценки эффективности работы не только отдельных звеньев, но именно технологической цепи в целом.

Е.В. Кошлоков, А.В. Лебедь, А.А. Силаев
АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО
ДОМА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Ключевые слова: автоматизация, закрытая схема теплоснабжения, система горячего водоснабжения, солнечный коллектор.

В статье рассматривается разработка типовой закрытой схемы горячего водоснабжения для многоквартирных жилых домов с использованием двух источников энергии. В ходе разработки выполнен расчет площади солнечного коллектора, подобраны технические средства автоматизации и спроектирована типовая принципиальная электрическая схема управления одним регулирующим контуром.

В.В. Лебедев, О.В. Пухова
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕПЛИЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ НА ТОРФЯНЫХ
СУБСТРАТАХ

Ключевые слова: система автоматического управления, торфяной субстрат, автоматизация, мониторинг технологических параметров.

В работе приведена система автоматического управления, обеспечивающая мониторинг и управление основными производственными параметрами тепличного комплекса на торфяных субстратах. Автоматизированное управление обеспечивает гибкую систему настройки параметров для поддержания микроклимата. Она представляет возможность постоянного мониторинга температуры воздуха, влажности почвы, освещённости и других

PJSC Gazprom investments, to transfer the natural settlements of the Vilyui, central, southern and western parts of the republic to natural gas. Moreover, the zone of centralized electricity supply in the future will affect the formation of heat supply systems through the gasification of settlements during the creation of a unified gas transmission system and through electric heating. This will significantly change the approaches to heat supply in the above regions of the republic. With gasification, a noticeable decrease in the cost of heat production in these areas is expected, which will allow reaching a hollow payback of utilities in these areas. In this regard, the aim of this work is to study and search for innovative ways to manage the life support sectors in the Arctic while synchronizing their development, restructuring and reform.

G.E. Kokieva, V.P. Druzianova
AUTOMATION OF CALCULATION OF ECONOMIC
EFFICIENCY OF GRANULATED FEED PRODUCTION

Keywords: feed granulation, energy intensity of production, granulation, economic efficiency, feed mills, nutrients, technical solution, feeding of farm animals, formula of reduced costs, granule formulation, productivity growth.

One of the most important issues related to the organization of industrial production is the choice of the most rational and economically justified technology arising from the specific conditions of each zone. And in the conditions of constantly developing inter-economic relations, when due to the peculiarities of production technology, especially important economic importance is the question of economic evaluation of the efficiency of not only individual links, but it is the technological chain as a whole.

E.V. Koshlov, A.V. Lebed, A.A. Silaev
AUTOMATION OF A CLOSED HOT WATER SUPPLY
SYSTEM FOR AN APARTMENT BUILDING USING
ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

Keywords: automation, closed heat supply scheme, hot water supply system, solar collector.

The article discusses the development of a typical closed hot water supply scheme for multi-apartment residential buildings using two energy sources. During the development, the calculation of the solar collector area was carried out, technical means of automation were selected and a typical circuit diagram of the control of one regulatory circuit was designed.

V.V. Lebedev, O.V. Puhova
AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE GREENHOUSE
COMPLEX ON PEAT SUBSTRATES

Keywords: automatic control system, peat substrate, automation, monitoring of technological parameters.

This paper presents an automatic control system that provides monitoring and control of the main production parameters of the greenhouse complex on peat substrates. Automated control provides a flexible parameter setting system to maintain the microclimate. Full autonomy of the functioning of the greenhouse complex is ensured.

параметров микроклимата тепличного комплекса. Обеспечивается полная автономность функционирования тепличного комплекса.

Т.В. Рзаева, Л.А. Феоктистова, А.Р. Фардеев, С.М. Егорова
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ КОНСТРУКЦИИ
ФЕРМЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ
ПРОГРАММ SCAD

Ключевые слова: клееная древесина, линзообразная ферма, строительные конструкции, несущие конструкции, проектирование.

В статье приведены результаты расчета нагрузки собственного веса фермы линзообразного очертания, расчет равномерно распределённой постоянной нагрузки расположенной на всем пролёте, расчетные усилия в элементах фермы. С использованием графической среды синтеза расчетной схемы и анализа результатов дана положительная оценка возможности проектирования здания с пролетом 24м, при расчете несущих конструкций на максимально возможные нагрузки, где в качестве покрытия предложена деревянная сегментная линзообразная ферма.

П.М. Салов, Л.В. Селиверстова, Е.А. Терентьев,
Т.Г. Виноградова, С.С. Сайкин, П.Е. Баданов, Е.С. Алексеев
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУР ПРИ АЛМАЗНОМ
ХОНИНГОВАНИИ

Ключевые слова: алмазные бруски, нагревание заготовок, точность, режимы резания, охлаждение.

Разница в средних температурах по объему тонкостенных и сложно-фигурных деталей на 30-50°C приводит в процессе хонингования к изменению диаметров. Последующая усадка искажает их форму, нередко свыше предельных величин. Целью исследований явилось определение зависимости усредненных температур от условий хонингования.

Р.Р. Саубанов, С.С. Сыркин, В.В. Звездин,
Р.М. Хисамутдинов, С.М. Портнов
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ
Ключевые слова: лазерная сварка; прецизионное наведение на стык; система технического зрения; система автоматизированного управления; сварка сталей.

В статье представлены результаты исследований по лазерной сварке конструкций. Технологический процесс сварки проводится в защитной атмосфере инертных газов. Грубое наведение луча осуществляется робототехническим комплексом до момента попадания точки «начало сварки» в поле зрения системы технического зрения, которая встроена в технологическую головку. Прецизионное позиционирование фокуса луча на шве обеспечивается перемещением фокусирующей линзы на определенный угол пьезоприводом. Приведены результаты металлографических исследований сварного шва стали 12Х2Н4А.

С.С. Сыркин, В.В. Звездин, Р.М. Хисамутдинов, Р.Р. Саубанов
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ
НАПЛАВКИ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ФРЕЗЫ

Ключевые слова: лазерная наплавка, зуб фрезы, роботизированный лазерный технологический комплекс, прецизионное наведение фокуса ЛЛ, пьезопривод, система технического зрения.

Автоматизация технологического процесса восстановления режущей кромки инструмента является одним из методов повышения его качества и жизненного цикла. Процесс восстановления заключается в последовательности технологических операций. Это наплавка, заточка, лазерное упрочнение и нанесение защитного покрытия на поверхность инструмента, что повышает его износостойкость. Задача по наплавке зубьев фрезы с получением заданных показателей качества решается за счет использования роботизированного лазерного технологического комплекса и прецизионного

T.V. Rzaeva, L.A. Feoktistova, A.R. Fardeev, S.M. Egorova
SIMULATION OF TRYSS STRUCTURES DESIGN
DIAGRAM IN SCAD SOFTWARE COMPUTING

Keywords: laminated wood, lens shaped load-bearing structures, building and load-carrying constructions, designing. The article shows calculated results of the lens-shaped load-bearing own mass pressure, evenly distributed constant pressure on the whole surface of the span and the design forms in the load-bearing structures elements. The graphics environment, design diagram synthesis and results analysis allows to design the building with 24 m span where bearing and enclosing structures support maximum possible weight. A segment lens-shaped wooden load-bearing structure is offered to be used as floor.

P.M. Salov, L.V. Seliverstova, E.A. Terentyev,
T.G. Vinogradova, S.S. Saykin, P.E. Badanov, E.S. Alekseev
STUDY OF DIAMOND HONING TEMPERATURES

Keywords: diamond bars, workpiece heating, precision, cutting modes, cooling.

Difference in average temperatures by volume of thin-walled and complex-shaped parts by 30-50 °C leads to change of diameters during honing. Subsequent shrinkage distorts their shape, often above limit values. The aim of the studies was to determine the dependence of averaged temperatures on honing conditions.

R.R. Saubanov, S.S. Syркин, V.V. Zvezdin,
R.M. Hisamutdinov, S.M. Portnov
MANAGING THE LASER WELDING PROCESS

Keywords: laser welding; precision joint guidance; technical vision system; automated control system; steel welding.

The article presents the results of research on laser welding of structures. The technical vision system is necessary for precision guidance of the radiation focus on the joint of the welded elements, and it is considered as an integral part of the automated process control system that controls the movement of the laser beam along the joint of the welded elements and adjusts the radiation power, depending on the temperature of the joint. Precision positioning of the beam focus on the seam is provided by moving the focusing lens to a certain angle with a piezo drive. The results of metallographic studies of the 12x2H4a steel weld are presented.

S.S. Syркин, V.V. Zvezdin, R.M. Hisamutdinov, R.R. Saubanov
TECHNOLOGICAL FEATURES OF LASER SURFACING OF
THE CUTTING EDGE OF THE CUTTER

Keywords: laser cladding, tooth cutter, robotic laser technological complex precision focus, the piezo drive system of technical vision.

Automation of the technological process of restoring the cutting edge of a tool is one of the methods for improving its quality and life cycle. The recovery process consists of a sequence of technological operations. This includes surfacing, sharpening, laser hardening and applying a protective coating to the surface of the tool, which increases its wear resistance. The task of surfacing the teeth of the cutter to obtain the specified quality indicators is solved by using a robotic laser technology complex and precision guidance of the focus of laser radiation to the start point of processing. This is done by a piezo drive and a vision system.

наведения фокуса лазерного излучения на точку начала обработки. Это осуществляется пьезоприводом и системой технического зрения.

Г.А. Гареева, Д.Р. Григорьева, Р.Р. Басыров
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРИНЯТИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ

Ключевые слова: клининг, управление, программное обеспечение, оказание услуг, реинжиниринг.

Клининговая сфера услуг является одной из наиболее перспективных и быстроразвивающихся отраслей экономики. Основной целью деятельности компаний является удовлетворение общественной потребности в клининговом обслуживании граждан и предприятий. Предметом исследования является реинжиниринг деловых процессов компании, и в частности делового процесса «Оказание клининговых услуг». Целью проекта является проектирование подсистемы «Управление оказанием платных клининговых услуг» и разработка задачи «Учет фактических объемов оказания услуг». В работе произведена оценка управленческой и экономической эффективности внедрения данной задачи.

Сюй И., Д.В. Бережной
ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ
СТУПЕНЧАТОГО ЗАКЛЕПОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Ключевые слова: упругопластическое деформирование, контактное взаимодействие, метод конечных элементов.

В работе представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния в ступенчатом заклепочном соединении двух ступенчатых пластин из титана и углепластика. Предполагается возможность упругопластического деформирования стальных заклепок, между пластинами в соединении реализуются условия контактного взаимодействия.

Сюй И., Д.В. Бережной, А.А. Пискунов
ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В КОЛЬЦЕ ОБДЕЛКИ
ТОННЕЛЯ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Ключевые слова: контактное взаимодействие, термическое нагружение, метод конечных элементов.

В работе представлены результаты исследования напряженного состояния в бетонном кольце обделки тоннеля при термическом нагружении при представлении обделки в виде сплошного кольца или совокупности взаимодействующих между собой блоков. Отмечено, что при блочном моделировании кольца обделки уровень термических напряжений заметно снижается.

Сюй И., Д.В. Бережной, А.А. Пискунов
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
КОЛЬЦА ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО В
ХИМИЧЕСКИ ЗАКРЕПЛЕННОМ ГРУНТЕ

Ключевые слова: контактное взаимодействие, нелинейное деформирование, грунт, метод конечных элементов.

В работе представлены результаты исследования напряженного состояния в бетонном кольце обделки тоннеля, расположенном в однородном грунте, с учетом химического закрепления грунта в непосредственной близости от кольца обделки. Отмечено, что при блочном моделировании кольца обделки уровень напряжений заметно снижается и меняется характер его распределения.

Т.А. Маркина, А.М. Дергачев, А.Г. Ильина, И.О. Жирков
МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ
АНТИВИРУСНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ
СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ключевые слова: антивирус, сравнительный анализ, информационная безопасность, система массового обслуживания.

G.A. Gareeva, D.R. Grigoryeva, R.R. Basyrov
SOFTWARE DESIGN FOR MAKING EFFECTIVE
MANAGEMENT DECISIONS

Keywords: cleaning, management, software, services, reengineering.

The cleaning service sector is one of the most promising and rapidly developing sectors of the economy. The main goal of the companies is to meet the public need for cleaning services for citizens and businesses. The subject of the study is the reengineering of the company's business processes, and in particular the business process "Providing cleaning services". The purpose of the project is to design the subsystem "management of paid cleaning services" and develop the task "Accounting for the actual volume of services rendered". The paper assesses the managerial and economic efficiency of implementing this task.

I. Xu, D.V. Berezhnoi
COMPUTATION OF STRESSES AT CALCULATION OF
STEPPED RIVET CONNECTION

Keywords: elastoplastic deformation, contact interaction, finite element method.

The paper presents the results of a study of the stress-strain state in a stepped rivet joint of two stepped plates of titanium and carbon fiber. The possibility of elastoplastic deformation of steel rivets is assumed, the conditions of contact interaction are realized between the plates in the joint.

I. Xu, D.V. Berezhnoi, A.A. Piskunov
CALCULATION OF STRESSES IN THE RING OF THE
TUNNEL LINING DURING THERMAL LOADING

Keywords: contact interaction, thermal loading, finite element method.

The paper presents the results of a study of the stress state in a concrete ring of a tunnel lining under thermal loading when the lining is presented as a solid ring or a combination of blocks interacting with each other. It is noted that during block modeling of the lining ring, the level of thermal stresses significantly decreases.

I. Xu, D.V. Berezhnoi, A.A. Piskunov
RESEARCH OF THE PROCESSES OF DEFORMATION OF
THE RING OF THE TUNNEL LINING LOCATED IN A
CHEMICALLY FIXED SOIL

Keywords: contact interaction, nonlinear deformation, soil, finite element method.

The paper presents the results of a study of the stress state in a concrete ring of a tunnel lining located in a homogeneous soil, taking into account the chemical fixation of the soil in the immediate vicinity of the lining ring. It is noted that during block modeling of the lining ring, the stress level decreases markedly and the nature of its distribution changes.

T.A. Markina, A.M. Dergachev, A.G. Ilina, I.O. Zhirkov
A METHOD OF QUANTITATIVE EVALUATION OF ANTI-
VIRUS PROTECTION BASED ON SYSTEMS OF MASS
SERVICE

Keywords: antivirus, comparative analysis, information security, Queuing system.

The paper considers existing methods for evaluating the

В работе рассмотрены существующие методики оценки эффективности антивирусных средств защиты. Представлены результаты количественной оценки эффективности антивирусных программ на основе многоканальной системы массового обслуживания с неограниченной очередью.

А.Б. Сорокин, Э.А. Иванченко
МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА
ОСНОВЕ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: нейронные сети, ситуационный анализ, обучение с подкреплением

Предлагается метод построения нейронных сетей основанный на синтезе ситуационного анализа и применения метода обучения с подкреплением. Обсуждаются особенности нового метода и возможности его применения.

С.А. Гордин, И.В. Зайченко, В.В. Бажеряну,
В.С. Соколова, З.Р. Махмуродзода
КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗИ МЕЖДУ
ТЕМПЕРАТУРОЙ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА И
ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ ТЯГОДУТЬЕВЫМИ
МЕХАНИЗМАМИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЕЛЬНОЙ
Ключевые слова: математическая модель, отопительная котельная, тягодутьевые механизмы, потребляемая мощность.

Рассмотрены корреляционные однофакторные зависимости, связывающие температуру наружного воздуха и потребляемую электрическую мощность дымососами отопительной котельной.

А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, Д.И. Нуретдинов,
З.А. Аюкин, Ф.Л. Назаров
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БОРТОВОГО
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система смазки, давление масла, качество масла, бортовое диагностирование

В работе на основе теоретического, методического и экспериментального анализа разработан алгоритм бортового диагностирования смазочной системы автомобильных дизелей. В качестве диагностических параметров приняты: объём масла в картере, его вязкость и давление в смазочной системе.

Т.И. Епанчинцев, Н.М. Неустроева
ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ КАК СПОСОБ
ОТКРЕПЛЕНИЯ СПИРАЛЬНОЙ ВОЛНЫ ОТ
НЕВОЗБУДИМОГО ПРЕПЯТСТВИЯ В ИОННОЙ МОДЕЛИ
МИОКАРДА

Ключевые слова: моделирование сердца, невозбудимые препятствия, спиральная волна, высокочастотная стимуляция.

В работе представлено исследование открепления спиральной волны от невозбудимого препятствия квадратной формы в двумерной модели Луо-Руди с помощью метода низковольтной высокочастотной стимуляции. Стимуляция подавалась с линейного электрода как в изотропной среде, так и в среде с волокнами.

С.Ю. Лунева, А.А. Лунева
СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ
ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: синтез оптимального управления, фазовый портрет, нечеткая логика, лингвистические переменные, функция принадлежности, правило вывода, фаззификация, дефаззификация.

effectiveness of anti-virus protection tools. The results of quantitative evaluation of the effectiveness of antivirus programs based on a multi-channel Queuing system with an unlimited queue are presented.

А.В. Sorokin, E.A. Ivanchenko
METHOD OF DEEP NEURAL NETWORK
IMPLEMENTATION BASED ON SITUATIONAL ANALYSIS
Keywords: neural networks, situational analysis, reinforcement learning.

The present work proposes a new method for projecting neural networks based on the synthesis of situational analysis and the application of the reinforcement learning method. The features of the new method and the possibility of its application are discussed.

S.A. Gordin, I.V. Zaychenko, V.V. Bazheryanu,
V.S. Sokolova, Z.R. Mahmurodzoda
CORRELATION ANALYSIS OF COMMUNICATION
BETWEEN EXTERNAL AIR TEMPERATURE-SWITCH
AND POWER CONSUMPTION BY HEAVY-DUTY
HEATING BOILER MECHANISMS

Keywords: mathematical model, heating boiler room, draft engines, power consumption.

One-factor correlation dependences are considered, which relate the temperature of the outdoor air and the consumed electric power by the smoke exhausts of the heating boiler.

A.S. Denisov, A.T. Kulakov, D.I. Nuretdinov,
Z.A. Ajukin, F.L. Nazarov
DEVELOPMENT OF AN ON-BOARD DIAGNOSTIC
ALGORITHM FOR A CAR ENGINE LUBRICATION
SYSTEM

Keywords: internal combustion engine, lubrication system, oil pressure, oil quality, on-board diagnostics

Based on theoretical, methodological and experimental analysis, an algorithm for on-board diagnosis of the lubrication system of automotive diesel engines is developed. The diagnostic parameters used are: the volume of oil in the crankcase, its viscosity and pressure in the lubrication system.

T.I. Epanchintsev, N.M. Neustroeva
HIGH FREQUENCY STIMULATION AS A METHOD OF A
SPIRAL WAVE UNPINNING FROM AN UNEXCITABLE
OBSTACLE IN THE IONIC MYOCARDIAL MODEL

Keywords: heart simulation, unexcitable obstacles, spiral wave, high-frequency stimulation.

The paper presents a study of a spiral wave unpinning from an unexcitable square obstacle in the two-dimensional Luo-Rudy cardiac tissue model using the low-voltage high-frequency stimulation. Stimulation was applied using a linear electrode both in an isotropic medium and in a medium with fibres.

S.Yu. Luneva, A.A. Luneva
SYNTHESIS AND MODELING OF FUZZY TIME-OPTIMAL
CONTROL SYSTEM

Keywords: fuzzy time-optimal control, phase plane, fuzzy logic, linguistic variables, membership function, inference rule, fuzzification, defuzzification.

The paper describes a procedure to design fuzzy time-optimal controller. It is shown that proposed controller very closely

В работе представлены результаты применения аппарата нечеткой логики к решению задачи синтеза оптимальной по быстрдействию системы управления.

А.Д. Омарова, А.Б. Чебоксаров
УРАВНЕНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ ВОГНУТЫМИ
ОПЕРАТОРАМИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.
ПРИЗНАК ПРОДУКТИВНОСТИ МОДЕЛИ С ВОГНУТЫМ
ОПЕРАТОРОМ

Ключевые слова: Уравнения с нелинейными операторами, вектор валового выпуска, вектор чистого выпуска, вектор затрат, технологическая матрица, продуктивность, модель с вогнутым оператором.

В работе представлены результаты изучения уравнений межотраслевого баланса с дифференцируемыми вогнутыми операторами на предмет существования неотрицательного решения. Приведенные уравнения описывают задачу межотраслевого баланса в многосекторной экономике, в связи с чем, поиск именно неотрицательного решения этой модели, имеет смысл. Приведены теоремы определяющие условия продуктивности модели с вогнутым оператором.

О.В. Соловьева, С.А. Соловьев
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
СЕЛЕКТИВНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА ДЛЯ
КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ВЫСОКОПРИСТОГО
ПРОНИЦАЕМОГО ЯЧЕЙСТОГО МАТЕРИАЛА

Ключевые слова: высокопористый проницаемый ячейстый материал, селективное гидрирование ацетилена, математическая модель, прямое численное моделирование.

В настоящей работе проведено построение математической модели и численное исследование течения химически реагирующего потока газа через катализатор построенный на основе высокопористого проницаемого ячейстого материала. Построены геометрические модели пористых сред со случайным расположением пор. Результаты численных исследований получены в виде значений конверсии и селективности и хорошо согласуются с экспериментами.

Е.Н. Созинова
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В СФЕРЕ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова: информация, аналитика, информационно-аналитическая работа, информационная безопасность, защита информации, служба безопасности.

В статье рассматривается информационно-аналитическая работа в сфере информационной безопасности, описываются особенности такой работы и специфические требования к сотрудникам. Автор перечисляет основные этапы информационно-аналитической работы, адаптированные к сфере информационной безопасности, поясняет ее сущность.

С.М. Чеботарев, Ф.Г. Хисамов, В.А. Минаев
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОПУСКНОЙ
СПОСОБНОСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ГЛАВНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ СУБЪЕКТОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ключевые слова: корпоративная сеть, пропускная способность, оператор-специалист, вероятность пропускной способности, ГУВД субъекта Российской Федерации.

В работе разработана математическая модель пропускной способности корпоративной сети (КС) Главного управления внутренних дел (ГУВД) субъектов Российской Федерации, позволяющая в отличие от известных методов [1] оценить вероятность пропускной способности в зависимости от количества личного состава, числа дежурств, производительности оператора-специалиста, и нагрузки на КС.

approximates the well-known classical analytical solution. Simulation results for first and second order examples are presented.

A.D. Omarova, A.B. Cheboksarov
OF DIFFERENTIABLE EQUATIONS WITH CONCAVE
OPERATORS. PROBLEM STATEMENT. A SIGN OF
PRODUCTIVITY OF A MODEL WITH A CONCAVE
OPERATOR

Keywords: Equations with nonlinear operators, gross output vector, net output vector, cost vector, technological matrix, productivity, model with concave operator.

The paper presents the results of studying the equations of inter-industry balance with differentiable concave operators for the existence of a non-negative solution. These equations describe the problem of inter-industry balance in a multi-sector economy, and therefore it makes sense to search for a non-negative solution to this model. Theorems defining the productivity conditions of a model with a concave operator are given.

O.V. Soloveva, S.A. Solovev
MATHEMATICAL MODELING OF THE SELECTIVE
ACETYLENE HYDROGENATION PROCESS FOR THE
CATALYST ON THE BASIS OF OPEN-CELL FOAM
PERMEABLE MATERIAL

Keywords: open cell foam material, highly porous permeable cellular material, selective acetylene hydrogenation, mathematical model, direct numerical simulation.

In this work, we construct a mathematical model and numerically study the flow of a chemically reacting gas stream through a catalyst built on the basis of open-cell foam permeable material. Geometric models of porous media with a random arrangement of pores are constructed. The results of numerical studies were obtained in the form of conversion and selectivity values and are in good agreement with experiments.

E.N. Sozinova
FEATURES OF INFORMATION AND ANALYTICAL WORK
IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY.

Keywords: information, analytics, information and analytical work, information security, information protection, security service.

The article discusses information and analytical work in the field of information security, describes the features of such work and specific requirements for employees. The author lists the main stages of information and analytical work, adapted to the field of information security, explains its essence.

S.M. Chebotarev, F.G. Khisamov, V.A. Minaev
MATHEMATICAL MODEL OF CAPACITY OF THE
CORPORATE NETWORK OF THE MAIN DEPARTMENT OF
INTERNAL AFFAIRS OF SUBJECTS OF THE RUSSIAN
FEDERATION

Keywords: corporate network, throughput, specialist operator, throughput probability, MDIA of the subject of the Russian Federation.

In the work, a mathematical model of the capacity of the corporate network (CN) of the Main Directorate of Internal Affairs (MDIA) of the constituent entities of the Russian Federation is developed, which allows, in contrast to known methods [1], to estimate the likelihood of bandwidth depending on the number of personnel, the number of duty hours, and the productivity of a specialist operator, and load on the CN.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№3 2020

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732
Подписано в печать 19.03.2020 Формат А4. Печать цифровая.
Дата выхода в свет 19.03.2020
10,3 усл.печ.л. 12,8 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 2590.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":
420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.
Цена свободная.

© Рашин Сайнс
тел. (843) 216-30-35
Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО «Рашин Сайнс»