

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный университет
Механико-математический факультет

Веб-программирование и интернет-технологии
WebConf2021

Материалы 5-й Международной научно-практической конференции
Минск, 18–21 мая 2021 г.

Минск
2021

УДК 004.42:004.738.5(06)
В 26

Решение о депонировании вынес:
Совет механико-математического факультета
15 апреля 2021 г., протокол № 6

Редакционная коллегия:
И. М. Галкин (отв. ред.), В. М. Волков,
В. С. Романчик, Г. А. Расолько

Рецензенты:

Репников В.И., кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой вычислительной математики факультета прикладной математики и информатики БГУ;

Смолякова О.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий факультета компьютерных систем и сетей БГУИР.

Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2021: материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 18–21 мая 2021 г. / БГУ, Механико-математический фак. ; [редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – 400 с. : ил., табл. – Библиогр. в тексте.

Представлены тезисы и материалы докладов 5-й Международной научно-практической конференции «Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2021», проводимой кафедрой веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета. Тексты приведены в авторской редакции.

Адресовано преподавателям, студентам, аспирантам, разработчикам, занимающимся созданием и использованием веб-приложений и интернет-технологий.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В НЕОДНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Сытова С. Н.

Институт ядерных проблем БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: sytova@inp.bsu.by

Теоретические и экспериментальные исследования каждого нового типа электронных вакуумных приборов (усилителей и генераторов), функционирующих в диапазонах спектра от микроволнового до рентгеновского [1, 2], имеют огромное значение для науки и практики. В [3] приведен краткий обзор физических явлений в таких приборах – лампах и генераторах бегущей волны (ЛОВ), обратной волны (ЛБВ), лазерах и мазерах на свободных электронах (ЛСЭ и МСЭ) с демонстрацией многообразия таких приборов при их очевидной общности в используемых физических принципах, а также сложной нелинейной динамики их функционирования.

В данной работе представлены некоторые результаты математического моделирования сложной нелинейной динамики излучения сильноточных пучков заряженных частиц в неоднородных пространственно-периодических структурах, получаемой в новом типе вакуумных электронных приборов – объемных лазерах на свободных электронах (ОЛСЭ). Особое внимание уделено математической модели ОЛСЭ с учетом дисперсии электромагнитных волн в системе.

ОЛСЭ, физические принципы функционирования которых предложены и развиты в [4–6], а экспериментальные исследования начаты в [7–9], являются «близкими родственниками» указанных выше вакуумных электронных приборов, но и имеют принципиальные отличия. Ни в одном из указанных выше электронных приборов не используются принципы многоволновой динамической дифракции (в понимании кристаллооптики [10]) в объемных резонаторах с двух- и трехмерными дифракционными решетками. Возможность использования широкого в поперечном сечении (не плоского или трубчатого – как в других приборах [1]) пучка заряженных частиц позволяет распределить взаимодействие по большому объему и снизить ограничения на мощность в резонаторе.

В ОЛСЭ для различных частотных диапазонов (от рентгеновского до микроволнового) используются резонаторы с расстояниями между плоскостями, сравнимыми с длиной волны. Например, в рентгеновском диапазоне используются естественные кристаллы. Величина пространственного периода определяется периодом кристаллической решетки и испускаемое излучение имеет длину, сравнимую с межатомными расстояниями, т. е. – в рентгеновском диапазоне [5]. В случае СВЧ может использоваться сеточный резонатор, состоящий из периодически натянутых в волноводе металлических нитей или фольг [6, 8, 9].

Линейный режим работы ОЛСЭ изучен достаточно хорошо [4–6], но он быстро сменяется нелинейной стадией. Математические модели, описывающие нелинейную стадию работы ОЛСЭ, также как других вакуумных электронных приборов, представляют собой системы многомерных нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Понятно, что их для решения должны быть

использованы методы математического моделирования, поскольку аналитически получить решения таких систем уравнений невозможно.

Для описания электромагнитных полей в теоретической модели ОЛСЭ, так же как и любого вышеперечисленного электронного прибора, используются уравнения Максвелла в основном с использованием приближения медленно меняющихся амплитуд (англ. *slowly varying envelope approximation* – SVEA), впервые предложенного в [11] при построении теории мазеров.

В этом случае решение уравнений Максвелла для электрического поля ищется в виде суммы по N сильным электромагнитным волнам, формируемым в системе:

$$\mathbf{E} = \sum_{j=1}^N E_j e^{i(\mathbf{k}_j \mathbf{r} - \omega t)}, \quad (1)$$

где E_j – амплитуды электромагнитных волн, $\mathbf{k}_j$ – соответствующие им волновые векторы, ω – частота, i – мнимая единица.

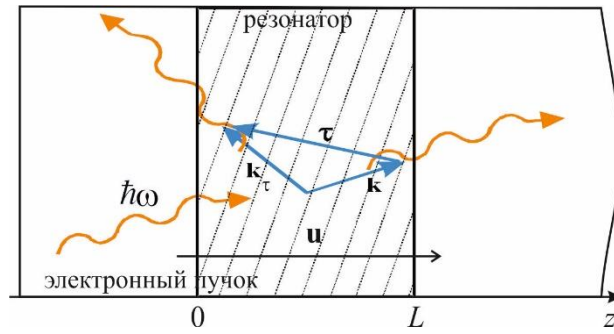


Рис. 1. Схема двухволнового ОЛСЭ в геометрии Брэгга

Рассмотрим простейшую математическую модель двухволнового ОЛСЭ в т. н. геометрии Брэгга (см. рис. 1). Пусть электронный пучок со скоростью $\mathbf{u}$ «падает» под некоторым углом на полубесконечную пространственно-периодическую мишень (резонатор) толщиной L . Одновременно на мишень падает плоская электромагнитная волна с частотой ω и волновым вектором $\mathbf{k}$. Если эта волна находится в условиях дифракции $2\mathbf{k}\boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\tau}^2 \approx 0$ [4, 10], то в резонаторе образуется дифрагированная волна с волновым вектором $\mathbf{k}_\tau = \mathbf{k} + \boldsymbol{\tau}$, где $\boldsymbol{\tau}$ – вектор обратной решетки мишени [10].

В случае моделирования такого двухволнового ОЛСЭ из уравнений Максвелла с использованием (1) при $N = 2$ получается система уравнений для двух сильных электромагнитных волн – проходящей и дифрагированной, образующихся в системе вследствие динамической дифракции, с амплитудами E_1 и E_2 .

Как показано в [6], дисперсия электромагнитных волн в сеточном резонаторе ОЛСЭ, выражающаяся в связи диэлектрической проницаемости резонатора и частоты излучения ω , зависит от материала, толщины нитей, периода их натяжения и других факторов и должна учитываться при моделировании ОЛСЭ. Система без учета дисперсии получена в [12]. Система с учетом дисперсии, полученная в [13], может быть записана в обобщенном виде без уточнения коэффициентов в виде (2). Здесь коэффициенты $a_{ij}, i, j = 1, 2$, описывают дисперсию волн и могут варьироваться от пренебрежимо малых значений до величин, сравнимых с единицей. В последнем случае, очевидно, что дисперсией пренебрегать нельзя.

$$\begin{aligned}(1+a_{11})\frac{\partial E_1}{\partial t}+a_{12}\frac{\partial E_2}{\partial t}+b_1\frac{\partial E_1}{\partial z}+c_{11}E_1+c_{12}E_2 &= F, \\ a_{21}\frac{\partial E_1}{\partial t}+(1+a_{22})\frac{\partial E_2}{\partial t}+b_2\frac{\partial E_2}{\partial z}+c_{21}E_1+c_{22}E_2 &= 0,\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}F &= \Phi \int_0^{2\pi} \frac{2\pi-p}{8\pi^2} \left(e^{-i\theta(t,z,p)} + e^{-i\theta(t,z,-p)} \right) dp, \quad E_1|_{z=0} = E_{10}, \quad E_2|_{z=L} = E_{20}, \\ \frac{\partial^2 \theta(t,z,p)}{\partial z^2} &= \Psi \left(k_z - \frac{\partial \theta(t,z,p)}{\partial z} \right)^3 \operatorname{Re} (E_1(t-z/u, z)) e^{i\theta(t,z,p)}, \\ \theta(t,0,p) &= p, \quad \frac{\partial \theta(t,0,p)}{\partial z} = k_z - \omega/u, \quad t > 0, \quad z \in [0, L], \quad p \in [-2\pi, 2\pi].\end{aligned}\quad (3)$$

В (3) динамика электронного пучка моделируется усреднением по фазам влета электронов в область взаимодействия $\theta(t, z, p)$. Этот метод [1] хорошо известен и широко применяется для расчета ЛБВ, ЛОВ, ЛСЭ и других электронных приборов. Но в отличие от [1], где рассматривается электронная динамика, определяемая только временем влета электрона в резонатор, в (3) учтено влияние на динамику электрона пространственной поперечной точки его влета в область взаимодействия при $z = 0$. Именно благодаря усреднению по двум фазам – моменту влета и поперечной координате влета электронов – в ОЛСЭ удалось промоделировать тонкие неоднородные эффекты в области вырождения корней дисперсионного уравнения и при синхронизме нескольких мод с пучком. Другие модели электронного пучка ОЛСЭ в гидродинамическом приближении и в виде функций распределения рассматривались в [14] и [15].

Разностные схемы решения (2)–(3) без учета дисперсии предложены в [12]. Ниже при моделировании использовалась схема решения (3) из [12].

Перепишем систему (2) в матричном виде относительно вектора амплитуд электромагнитного поля $\mathbf{E} = (E_1, E_2)^T$:

$$\begin{aligned}\mathbf{A} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} + \mathbf{C} \mathbf{E} &= \mathbf{F}, \\ \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1+a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & 1+a_{22} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{F} = \begin{pmatrix} F \\ 0 \end{pmatrix} \text{ и преобразуем ее:} \\ \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} + \mathbf{D} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} + \mathbf{C} \mathbf{E} + \mathbf{G} \mathbf{E} &= \mathbf{A}^{-1} \mathbf{F},\end{aligned}\quad (4)$$

где $\mathbf{D} = (\mathbf{A}^{-1} - \mathbf{I})\mathbf{B}$, $\mathbf{G} = (\mathbf{A}^{-1} - \mathbf{I})\mathbf{C}$, $\mathbf{I}$ – единичная матрица.

Введем в области

$$\Omega \cap \Omega_t = \{0 \leq z \leq L\} \cup \{t > 0\}$$

равномерные сетки:

$$\omega_t = \{t_l = lh_t, l = 0, 1, \dots\}, \quad \omega_z = \{z_m = mh_z, m = 0, 1, \dots, M, Mh_z = L\},$$

Запишем разностную схему решения (4) на этих сетках с использованием идей многокомпонентного метода переменных направлений (ММПН), предложенных для систем гиперболических уравнений в [14, 15].

Первоначально схемы ММПН были предложены в [16], а именно – двухслойные и трехслойные схемы для одного уравнения и системы дифференциальных уравнений в частных производных для прямоугольных областей. Также там были указаны принципы перенесения результатов на криволинейные области. В ММПН каждое из разностных уравнений аппроксимирует исходную дифференциальную задачу, а вычисления по схеме осуществляются последовательно по каждому пространственному направлению. В каждой точке пространства находятся несколько значений (компонент) приближенного решения исходной дифференциальной задачи. Метод близок к предложенной первоначальной трактовке метода переменных направлений [17], но обладает рядом важных преимуществ, среди которых – абсолютная устойчивость без стабилизирующих поправок для задач любой размерности, отсутствие требования коммутуруемости пространственных операторов для выполнения условий устойчивости, эффективность при решении многомерных задач в областях со сложной геометрией.

Введем векторы $\mathbf{E}^1$ и $\mathbf{E}^2$ – две разностные компоненты вектора амплитуд полей $\mathbf{E}$. В качестве результата будет браться их полусумма. Модифицируем общепринятые обозначения записи разностных производных [17]. Ниже знак “ $\sim$ ” означает соответствующие направлению распространения волн левые и правые разностные производные, а также полусумму в соседних узлах разностной сетки по z для слагаемых $\mathbf{CE}$ и $\mathbf{GE}$. Тогда можно записать:

$$\begin{aligned}\mathbf{E}_t^1 + \mathbf{B}\hat{\mathbf{E}}_z^1 + \mathbf{D}\mathbf{E}_z^2 + \mathbf{C}\hat{\mathbf{E}}^1 + \mathbf{G}\tilde{\mathbf{E}}^2 &= \mathbf{A}^{-1}\mathbf{F}, \\ \mathbf{E}_t^2 + \mathbf{B}\hat{\mathbf{E}}_z^1 + \mathbf{D}\mathbf{E}_z^2 + \mathbf{C}\hat{\mathbf{E}}^1 + \mathbf{G}\tilde{\mathbf{E}}^2 &= \mathbf{A}^{-1}\mathbf{F},\end{aligned}\tag{5}$$

(5) является схемой полной аппроксимации. На достаточно гладких решениях она имеет первый порядок аппроксимации по времени и пространству.

В (5) используются компоненты $\mathbf{E}^1$ и $\mathbf{E}^2$ не по различным пространственным направлениям, а по физическим процессам. Члены уравнения $\mathbf{B}\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z}$ и $\mathbf{CE}$ описывают «чистую» дифракции без дисперсии в системе. Члены $\mathbf{D}\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z}$ и $\mathbf{GE}$ «отвечают» за дисперсию в системе. Понятно, что в случае отсутствия дисперсии ($a_{ij} = 0$, $i, j = 1, 2$) векторы $\mathbf{E}^1$ и $\mathbf{E}^2$ будут совпадать.

На основе предложенных математических моделей ОЛСЭ и разностных методов их решения разработан комплекс программ VOLC (**V**o**l**u**m**e **C**o**d**e) [18], предназначенный для экспресс-моделирования работы различных типов ОЛСЭ, в том числе экспериментальных физических установок ОЛСЭ НИИ ЯП БГУ [8, 9]. VOLC позволяет моделировать сложную трехмерную динамику электронного пучка и распространение электромагнитных волн в объемном резонаторе ОЛСЭ. Программа всесторонне протестирована, в том числе путем сравнения численных результатов моделирования и известных аналитических решений. Полученные численные результаты имеют разумное согласие с теоретическими и экспериментальными физическими результатами.

С помощью VOLC, в частности, исследованы различные пороги генерации для двух- и трехволновых ОЛСЭ, в том числе для экспериментальных установок ОЛСЭ; динамика разных двух- и трехволновых геометрий, изучено влияние внешних зеркал,

проведено сравнение эффективности генерации одномерных и неодномерных геометрий и др. [12, 13, 18, 19]. Математическое моделирование подтвердило все основные физические закономерности и принципы работы ОЛСЭ, а также что для эффективной генерации существует оптимальный набор параметров системы.

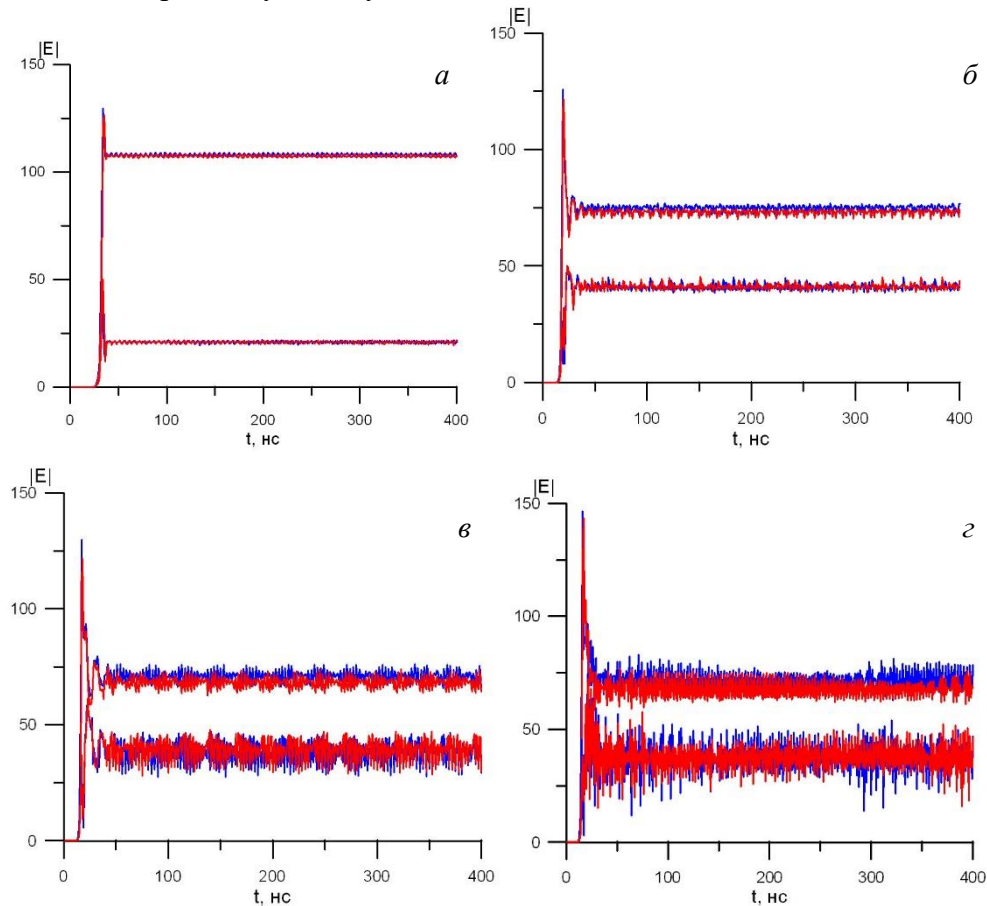


Рис. 2. Временная зависимость проходящей (нижние кривые) и дифрагированной (верхние кривые) волн для толщины нитей резонатора 0.02 см (а), 0.04 см (б), 0.06 см (в), 0.08 см (г). Красные кривые – моделирование без учета дисперсии, синие кривые – с учетом дисперсии

На рис. 2 даны некоторые результаты моделирования ОЛСЭ с учетом дисперсии для различной толщины нитей резонатора установки [9]. Здесь на каждой картинке изображена временная зависимость для модуля амплитуды проходящей (нижние кривые) и дифрагированной (верхние кривые) волн для толщины нитей резонатора $d = 0.02, 0.04, 0.06, 0.08$ см и соответствующим им значений $a_{11} = 0.058, 0.087, 0.115, 0.145$. На рис. 2 красные кривые – моделирование без учета дисперсии, синие – с учетом дисперсии. Видно, что хотя в данном случае тип динамического решения сохраняется, при больших d дисперсию учитывать следует. Вероятно, что в некоторых случаях дисперсия может привести к кардинальной смене типа решения.

В [12, 18, 20] впервые объемные лазеры на свободных электронах исследованы с точки зрения нелинейной динамики, что важно для повышения эффективности генераторов и источников излучения в различных спектральных диапазонах. Показано, что ОЛСЭ является динамической системой с особенностями нелинейной динамики

генерации, обусловленными нелокальной природой взаимодействия пучка электронов с электромагнитным полем в условиях дифракции.

В процессе исследования хаотической природы ОЛСЭ изучены его пространственно-временная и фазовая динамика, промоделированы различные динамические режимы работы со сложной их трансформацией. Исследованы точки бифуркаций, соответствующие переходам между различными режимами генерации для различных схем ОЛСЭ, зависимость распределения хаотических режимов от положения точек бифуркаций в зависимости от геометрии ОРОС и других параметров ОЛСЭ, способы управления хаосом в различных схемах ОЛСЭ [21, 22].

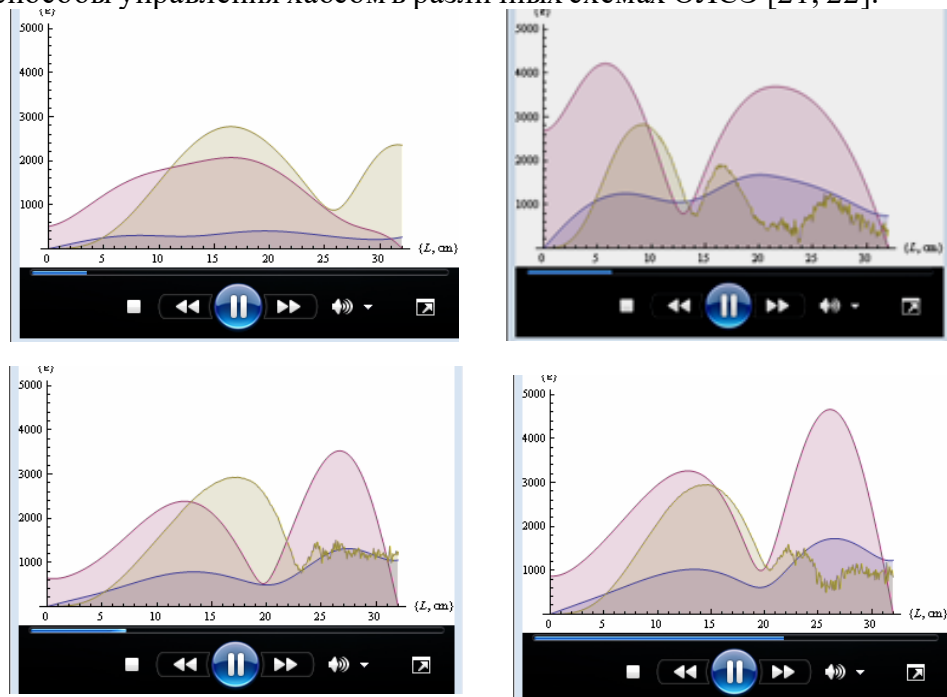


Рис. 3. Кадры «видео» пространственно-временной динамики ОЛСЭ. Голубая кривая демонстрирует проходящую волну, розовая кривая – дифрагированную, желтая – правую часть системы уравнений (2), описывающую влияние пучка электронов

Процесс динамической дифракции и прохождения пучка электронов через резонатор проиллюстрирован видео, четыре кадра которого приведены на рис. 3. Момент времени изображен линией под графиком. Все кривые быстро нарастают и затем динамически «дышат» в пространстве и времени, перераспределяя свои амплитуды. Видно, что кривая пучка имеет в первой половине резонатора большие «горбы». Это означает, что электроны пучка начинают эффективно отдавать энергию электромагнитному полю. Ближе к выходу из резонатора значения амплитуд пучка уменьшаются. Это означает, что электроны излучают меньше и на них действуют физические силы, формирующие «паразитные» моды. Кривая пучка в отличие от кривых амплитуд волн начиная с середины резонатора теряет гладкость. Однако, эти «паразитные» частоты вследствие динамической дифракции и объемной распределенной обратной связи внутри резонатора не передаются электромагнитного волнам, что полностью соответствует теории ОЛСЭ [4 – 6].

Проведенное исследование основных свойств ОЛСЭ как хаотической динамической системы важно для реализации в будущих экспериментах способов управления хаосом и выбора более оптимальных режимов работы ОЛСЭ.

Литература

1. Трубецков, Д. И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков: в 2 т. / Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 2004. – 496 с. (Т. 1), 648 с. (Т. 2).
2. Маршалл, Т. Лазеры на свободных электронах / Т. Маршалл. – М.: Мир, 1987. – 240 с.
3. Сытова, С. Н. Нелинейная динамика излучения сильнооточных пучков заряженных частиц в пространственно-периодических структурах / С. Н. Сытова // Журнал Белорусского государственного университета. Физика. – 2021, №1. – С. 62–72.
4. Baryshevsky, V. G. Parametric beam instability of relativistic charged particles in a crystal / V. G. Baryshevsky, I. D. Feranchuk // Physics Letters A. – 1984. – Vol. 102. – P. 141–144.
5. Baryshevsky, V. G. Parametric (quasi-Cerenkov) X-ray free electron lasers / V. G. Baryshevsky, K. G. Batrakov, I. Ya. Dubovskaya // J. Physics D: Appl. Physics. – 1991. – Vol. 24. – P. 1250–1257.
6. Baryshevsky, V. G. Spontaneous and induced parametric and Smith-Purcell radiation from electrons moving in a photonic crystal built from the metallic threads / V. G. Baryshevsky, A. A. Gurinovich // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res B. – 2006. – Vol. B252. – P. 92–101.
7. Baryshevsky, V. G. First lasing of a volume FEL (VFEL) at a length range $\lambda \sim 4\text{--}6\text{ mm}$ / V. G. Baryshevsky [et al.] // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. – 2002. – Vol. A483. – P. 21–24.
8. Baryshevsky, V. G. Experimental Study of Volume Free Electron Laser using a "grid" photonic crystal with variable period / V. G. Baryshevsky [et al.] // Proc. 29th Int. Free Electron Laser Conference: Proceedings of FEL2007, Novosibirsk, 2007. – P. 496–498.
9. Baryshevsky, V. G. Volume free electron laser with a "grid" photonic crystal with variable period: theory and experiment / V. G. Baryshevsky [et al.] // Proc. 31st Int. Free Electron Laser Conference. – Liverpool, 2009. – P. 134–137.
10. Пинскер, З. Г. Рентгеновская кристаллооптика / З. Г. Пинскер – М.: Наука, 1982. – 391 с.
11. Arecchi, F. Theory of optical maser amplifiers / F. Arecchi, R. Bonifacio // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1965. – Vol. 1. – P. 169–178.
12. Батраков, К. Г. Моделирование лазеров на свободных электронах / К. Г. Батраков, С. Н. Сытова // Журнал выч. математики и мат. физики. – 2005. – Т. 45, № 4. – С. 690–700.
13. Сытова, С. Н. Модели объемных лазеров на свободных электронах / С. Н. Сытова // Известия вузов. ПНД. – 2012. – Т. 20, № 6. – С. 124–135.
14. Абрашин, В. Н. Нелинейная стадия развития черенковской неустойчивости релятивистского электронного пучка / В. Н. Абрашин, А. О. Грубич, С. Н. Сытова // Математическое моделирование. – 1991. – Т. 3, № 8. – С. 21–29.
15. Сытова, С. Н. Численный метод решения гиперболической системы с особенностями / С. Н. Сытова // Дифференциальные уравнения. – 1996. – Т. 32, № 7. – С. 986–989.
16. Абрашин, В. Н. Об одном варианте метода переменных направлений решения многомерных задач математической физики. I / В. Н. Абрашин // Дифференциальные уравнения. – 1990. – Т. 26, № 2. – С. 314–323.
17. Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1989. – 614 с.
18. Batrakov, K. Mathematical modeling of multiwave Volume Free Electron Laser: basic principles and numerical experiments / K. Batrakov, S. Sytova // Mathematical modelling and analysis. – 2006. – Vol. 11, No 1. – P. 13–22.
19. Барышевский, В. Г. Радиационные процессы, радиационная неустойчивость и хаос в излучении, образованном релятивистскими пучками, движущимися в трехмерных (двумерных) пространственно-периодических структурах (естественных и фотонных кристаллах) / В. Г. Барышевский, С. Н. Сытова // Известия вузов. ПНД. – 2013. – Т. 21, № 6. – С. 25–48.
20. Sytova, S. Volume Free Electron Laser (VFEL) as a Dynamical System / S. Sytova // Nonlin. Phen. Compl. Syst. – 2007. – Vol. 10, No 3. – P. 297–302.
21. Сытова, С. Н. Хаос в объемных лазерах на свободных электронах (ОЛСЭ) / С. Н. Сытова // Известия вузов. ПНД. – 2011. – Т. 19, № 2. – С. 93–111.
22. Сытова, С. Н. Влияние внешних условий на хаос в объемных лазерах на свободных электронах / С. Н. Сытова // Доклады НАН Беларуси. – 2014. – Т. 58, № 1. – С. 47–52.

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады	3
<i>Воробей А. А., Недзьведь А. М. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ СЦЕНЫ ПО ВИДЕОПОТОКУ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КАМЕРЫ.....</i>	<i>4</i>
<i>Григянец Р. Б., Науменко Г. Н., Венгеров В. Н. О ТЕХНОЛОГИЯХ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА И ИТ-СТРАНЫ.....</i>	<i>7</i>
<i>Романчик В. С. ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ И ТРУДОУСТРОЙСТВО В ИТ.....</i>	<i>12</i>
<i>Рудикова Л. В. О МОДЕЛИРОВАНИИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....</i>	<i>19</i>
<i>Сытова С. Н. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В НЕОДНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ.....</i>	<i>24</i>
<i>Шейнов В. П., Девицын А. С. ЛИЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖЕРТВ ЗАВИСИМОСТИ ОТ СМАРТФОНА</i>	<i>31</i>
Секция 1. Разработка и дизайн веб-приложений	38
<i>Кулаженко В. Г., Позняк Ю. В., Стукач Д. П. СОЗДАНИЕ ОНЛАЙН СПРАВОЧНИКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ БЕЛАРУСИ.....</i>	<i>39</i>
<i>Лукьянович И. Р., Кострица А. А. О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗРАБОТКИ ЦЕЛЕВЫХ СТРАНИЦ.....</i>	<i>41</i>
<i>Лукьянович И. Р., Русак Е. Д. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ</i>	<i>43</i>
<i>Петрушина Е. Е., Позняк Ю. В. РАЗРАБОТКА САЙТА МАГИСТРАТУРЫ БГУ.....</i>	<i>44</i>
<i>Сьянов Д. А., Позняк Ю. В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ БГУ.....</i>	<i>46</i>
<i>Сурогатова А. А. РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....</i>	<i>51</i>
<i>Щербакова А. Н., Новосельская О. А., Романенко Д. М. РАЗРАБОТКА БРАУЗЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ДИСКРЕТНЫХ УЗОРОВ.....</i>	<i>53</i>
Секция 2. Интернет вещей и мобильные устройства	56
<i>Авсяник Е. С., Деменковец Д. В. ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ.....</i>	<i>57</i>
<i>Андрушевич А. А., Емельянова О. Ю., Войтешенко И. С. ИМИТАЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ "УМНОГО" ДОМА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ NODE-RED С YANDEX IOT CORE....</i>	<i>59</i>

<i>Белоброцкий Д. В.</i> БЕСКОНТАКТНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ.....	62
<i>Дерюшев А. А.</i> МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА.....	65
<i>Дерюшев А. А.</i> СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	68
<i>Сидоренко А. В., Акула К. А.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ОГИБАНИЕМ ПРЕПЯТСТВИЙ.....	70
Секция 3. Облачные и серверные технологии.....	71
<i>Андрианов К. А., Перез Чернов А. Х.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КРИПТОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ.....	72
<i>Перез Чернов А. Х., Позняк Ю. В., Толсташов А. О.</i> СОЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ. ОБ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ НОВОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ.	75
<i>Рафеенко Е. Д., Кондратьева О. М., Соболева Т. В.</i> РАЗВЕРТЫВАНИЕ МИКРОСЕРВИСНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ HEROKU.....	77
<i>Сытова С. Н., Дунец А. П., Коваленко А. Н., Черепица С. В.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЕЛАВ ДЛЯ ШИРОКОГО КРУГА ПРИМЕНЕНИЙ.....	79
Секция 4. Анализ данных, численные методы и компьютерное моделирование	82
<i>Босяков С. М., Назаренко Д. В., Рубникович С. П., Мулик П. С.</i> ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПРОТЕЗОМ: КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	83
<i>Волков В. М., Мацулевич Е. И.</i> ИТЕРАЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В РЕАЛИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА.....	86
<i>Гладких И. Ю., Привалов А. Н.</i> СОРЕВНОВАНИЕ-ЭСТАФЕТА: КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЕ	89
<i>Голубева Л. Л., Мурашко А. С.</i> АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	94
<i>Громыко Г. Ф., Мацука Н. П., Ильющенко А. Ф., Лешок А. В.</i> НАХОЖДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ	97
<i>Игнатенко М. В., Янович Л. А.</i> О ТОЧНОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА С ВАРИАЦИОННЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ	100

<i>Каипов И. К., Чигвинцев К. А.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДАЖ В ОБУВНОМ РИТЕЙЛЕ.....	102
<i>Коваленко Н. С., Василевич М. Н., Яшкин В. И.</i> МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ФУРЬЕ ДЕСКРИПТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ.....	105
<i>Лобач В. И.</i> БАЙЕСОВСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОНТЕ-КАРЛО.....	108
<i>Люлькин А. Е.</i> ВЕРИФИКАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С ПОМОЩЬЮ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА.....	111
<i>Мармыш Д. Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОВРЕЖДАЕМОЙ ОБЛАСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА	112
<i>Нагорный Ю. Е., Политаев Д. Н., Журавков М. А.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГРАФЕНА И СИЛИЦЕНА В РАМКАХ ОБЩЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ.....	113
<i>Паланевич А. С., Жук Е. Е.</i> НЕПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНЫХ ОЦЕНОК ПЛОТНОСТЕЙ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ЯДРОМ	116
<i>Парамонов А. И., Труханович И. А.</i> МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО ТЕКСТА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО АВТОРА.....	118
<i>Расолько Г. А.</i> О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ СЛАБО СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ.....	120
<i>Романова Ю. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА	123
<i>Савенко А. Г., Шерстнев А. С.</i> ВЕБ-СИСТЕМА ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПОИСКА СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМПАНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ЛОГИЧЕСКИМ ВЫРАЖЕНИЯМ.....	127
<i>Цурикова Е. А., Сергеев Р. С.</i> АЛГОРИТМ ПОИСКА КОМБИНАЦИЙ МУТАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЛЕКАРСТВЕННО УСТОЙЧИВЫМ ТУБЕРКУЛЕЗОМ.....	130
<i>Шешко С. М.</i> О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ОДНОГО СЛАБО СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ.....	133
<i>Якименко Т. С.</i> ОБ ЭФФЕКТИВНОМ МЕТОДЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ КРАТНЫЕ ЯДРА КОШИ, С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАНИЯ И ВЕСОМ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА	136

Секция 5. Компьютерное зрение и графика.....137

*Апенко А. В., Афанасьева В. А., Волков В. М., Гордеева Н. Н., Зархин А. Ю., Манкевич К. Ю., Терехова И. С. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ЗДОРОВЫЕ ТКАНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОРОТКОФОКУСНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....*138

*Жук А. О., Абламейко С. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУГУМЕНТАЦИЙ ПРИ СЕГМЕНТАЦИИ ЗДАНИЙ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET.....*140

*Заневская Я. Г. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТРЕКИНГА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ*143

*Киселёв В. И., Косик И. И. СЕГМЕНТАЦИЯ ПАЗУХ НОСА НА НАБОРЕ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ.....*146

*Косик И. И., Недзьведь А. М. СЕГМЕНТАЦИЯ СОСУДИСТОЙ СЕТИ НА ВЫСОКОДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ГЛАЗНОГО ДНА*149

*Крицкий А. И. ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА*152

*Найдович О. А., Недзьведь А. М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТИ DSDNET ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ТЕНЕЙ СО СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....*155

*Недзьведь А. А. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ АНИМАЦИИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОСПРИЯТИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.....*158

*Русакович А. С. АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА.....*161

*Сорокина В. В. SMART CROPPING: ТЕХНОЛОГИЯ УМНОЙ ОБРЕЗКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....*164

*Стрюк П. П., Усатов А. А. ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ НОРМАЛЕЙ СЦЕНЫ ПОСРЕДСТВОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАРТЫ ГЛУБИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....*167

*Усатов А. А., Недзьведь А. М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬНЫХ COVID-19 ПО МЕДИЦИНСКИМ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....*170

*Шолтанюк С. В. ТЕКСТУРНЫЕ МЕТОДЫ ПОДСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ЛЮДЕЙ В ПЛОТНОЙ ТОЛПЕ.....*173

Секция 6. Цифровые коммуникации и общество177

*Сарна А. Я. ЦИФРОВАЯ КОММУНИКАЦИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИАСФЕРЕ*178

Секция 7. Экономика, маркетинг и финансовые технологии179

Архипова Л. И. ЮНИТ-ЭКОНОМИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ В МАРКЕТИНГЕ.....180

Бичель И. С. БАНКИНГ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА: БИЗНЕС В ПОСТКОВИДНЫЙ ПЕРИОД.....183

Елецких Т. В. МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНО ОТВЕТСТВЕННОГО БИЗНЕСА И ПАРТНЕРСТВА С НИМ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ОПЫТ ЧЕХИИ.....186

Канаши А. В. НОВЫЕ ПОДХОДЫ В МАРКЕТИНГЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....190

Кваша Д. Ю., Никитенко П. Г. ОЦЕНКА РЫНКА КРИПТОВАЛЮТ В СИТУАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ.....194

Кремень Е. В., Кремень Ю. А. ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КРЕАТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ МАГИСТРАНТОВ.....197

Медведева Л. Ф. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСФОРМАЦИИ МАРКЕТИНГА.....200

Шавров С. А. ЭКОСИСТЕМА ТИПОВЫХ ВЕБ-ПЛАТФОРМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ И НЕДВИЖИМОСТЬЮ.....203

Шкор О. Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙНА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ КОММУНИКАЦИИ.....207

Секция 8. Открытые данные и репозитории открытого доступа209

Атьман В. В., Ковалевич И. А. СОЗДАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ210

Атьман В. В., Ковалевич И. А., Рудикова Л. В. ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДОВ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗВИТИИ..211

Бальцевич П. Г., Шевелева О. А., Карпович В. А. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДАННЫХ В АЛЬГОФЛОРИСТИКЕ.....213

Григянец Р. Б., Молчан Ж. М., Венгеров В. Н., Успенский А. Ал. ВЕБ-РЕСУРС ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В НАН БЕЛАРУСИ.....215

Игнатенко Н. И., Рудикова Л. В. ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....216

Кисель М. В., Рудикова Л. В. О РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА ДЛЯ БРОНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛУГ В БЕЛАРУСИ.....217

Кита М. А., Рудикова Л. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ С ПОМОЩЬЮ ЛТ-КОМПИЛЯЦИИ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ СУБД SLICKHOUSE.....218

<i>Неживинская А. Ю., Рудикова Л. В.</i> О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	219
<i>Рудикова Л. В., Баганец Н. А.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ПО ЛЕСНЫМ МАССИВАМ.....	220
<i>Рудикова Л. В., Друтько Д. С.</i> О РАЗРАБОТКЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	221
<i>Рудикова Л. В., Ермак И. В.</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ И АНАЛИЗА ГОЛОСОВАНИЙ.....	222
<i>Рудикова Л. В., Жвалецкий А. И.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОСЕРВИСНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ДАННЫМИ О ГОРОДСКИХ МЕРОПРИЯТИЯХ	223
<i>Рудикова Л. В., Корончик В. Ю.</i> О РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОИСКА И ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ.....	224
<i>Рудикова Л. В., Кот В. В.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	225
<i>Рудикова Л. В., Лагута Д. В., Постник Д. А.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА «ЗНАМЕНИТЫЕ ДЕЯТЕЛИ БЕЛАРУСИ».....	226
<i>Юрчевский Р. К.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ.....	227
Секция 9. Информационные технологии в образовании	228
<i>Аленский Н. А.</i> КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ.....	229
<i>Атдаева О. Г.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВУЗОВСКУЮ НАУКУ.....	230
<i>Бадак Б. А., Долгополова О. Б.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОГО СТОРИТЕЛЛИНГА ИЗ ОПЫТА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ.....	233
<i>Барвенов С. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MOODLE И ПАКЕТА DISCORD ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА МЕХМАТЕ БГУ	236
<i>Булавская К. Д., Фролова Н. В., Позняк Ю. В.</i> СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО КОНТЕНТА ДЛЯ СЕТЕВОГО КУРСА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ В LMS MOODLE.....	239

<i>Велько О. А. Кепчик Н. В. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ СОЦИОЛОГАМ.....</i>	240
<i>Вельченко С. А. ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ И КОМПЕТЕНЦИЙ РАЗРАБОТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ КАК ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....</i>	241
<i>Войтешенко И. С. ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ.....</i>	244
<i>Ворожбыт А. В. НАЦИОНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО И СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ.....</i>	246
<i>Галкин И. М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MOODLE ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ ПРОГРАММИРОВАНИЮ.....</i>	248
<i>Громко Н. И., Шешко С. М. О ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ПО КУРСУ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ.....</i>	249
<i>Капусто А. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ ИГР И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ» СТУДЕНТАМИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ....</i>	252
<i>Концевая Г. М. ГРАФЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ СЕРВИСА «GLYPHR STUDIO».....</i>	255
<i>Концевой М. П. СЕРВИС СЕМАНТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ RUSVESTORĖS В СОВРЕМЕННОМ МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.....</i>	256
<i>Кравчук А. И., Кравчук А. С. ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....</i>	257
<i>Кремень Е. В., Кремень Ю. А., Расолько Г. А. МАТНСAD В КУРСЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ.....</i>	260
<i>Кремень Ю. А., Кремень Е. В. ОБ ОПЫТЕ ПРОВЕДЕНИЯ КУРСА «ЯЗЫК ЗАПРОСОВ T-SQL» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ БГУ «ЗИМНИЙ УНИВЕРСИТЕТ – 2021».....</i>	264
<i>Кремень Ю. А., Кремень Е. В., Расолько Г. А. ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....</i>	267
<i>Лысак В. В., Расолько Г. А. ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ONLINE ОБУЧЕНИЯ ПО НЕКОТОРЫМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ КУРСАМ.....</i>	270
<i>Паньшин Б. Н. ОБ АКТУАЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО УЧЕБНОГО КУРСА ПО ЦИФРОВОЙ КУЛЬТУРЕ.....</i>	273
<i>Позняк Ю. В., Азаров А. И., Саванович Е. Б. РЕДИЗАЙН ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПОДГОТОВКИ К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ.....</i>	276

<i>Позняк Ю. В., Амелькин В. В.</i> РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО КУРСА ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЯМ.....	277
<i>Позняк Ю. В., Загорцев И. В.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 10 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	278
<i>Позняк Ю. В., Задора В. С.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 7 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	280
<i>Позняк Ю. В., Прокопенко Д. В.</i> ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАОЧНОЙ ШКОЛЕ ЮНОГО МАТЕМАТИКА	283
<i>Позняк Ю. В., Рабцевич Т. И., Ламан А. И.</i> ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ОБУЧЕНИЯ В 5 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	285
<i>Позняк Ю. В., Толочко М. Э.</i> ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНСПЕКТА ЛЕКЦИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ.....	287
<i>Позняк Ю. В., Тюрин Е. В.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 8 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	288
<i>Потапенко Н. И.</i> ТЕНДЕНЦИИ В ВЕБ-ДИЗАЙНЕ ИЛИ ЧЕМУ УЧИТЬ ВЕБ-ДИЗАЙНЕРА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ.....	290
<i>Прокашева В. А., Лысак В. В.</i> ОБ ОПЫТЕ ОБУЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИЙ В БГУ.....	293
<i>Прокашева В. А., Телюк Н. А.</i> ПОРТФЕЛЬ ОДНОГО УРАВНЕНИЯ И ВЕБ.....	296
<i>Расолько Г. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКМ МАТНСАД В КУРСЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ.....	299
<i>Расолько Г. А., Кремень Ю. А., Кремень Е. В.</i> МАТНСАД В ПРАКТИКУМЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	302
<i>Сандаков Д. Б.</i> СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОНЛАЙН ИВЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ)	305
<i>Ситникова Л. Д., Яковлева Н. А.</i> ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ.....	308
<i>Усенко В. А.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИНФОРМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	311
<i>Шандора Н. И., Русакович И. С.</i> ERP-СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ДОЛГОСРОЧНЫХ ЦЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА.....	314
Секция 10. Безопасность и защита информации	317
<i>Абламейко М. С.</i> ЗАЩИТА ВИЗУАЛЬНЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ: ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ.....	318

<i>Егорова М. В.</i> ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСКОВОГО ШИФРОВАНИЯ.....	322
<i>Ерофеев В. Т.</i> ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОМПОЗИТНЫМИ ЭКРАНАМИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АТОМАРНЫХ ФУНКЦИЙ.....	325
<i>Иванов Д. В.</i> АППАРАТНЫЙ КЛЮЧ КАК СРЕДСТВО АУТЕНТИФИКАЦИИ В ВЕБ-СРЕДЕ	326
<i>Казанцев П. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТЕГАНОГРАФИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОРСКОГО ПРАВА.....	329
<i>Казловский М. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ.....	332
<i>Капусто Р. А., Палуха В. Ю.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИИ К АНАЛИЗУ ПАКЕТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	335
<i>Круглик К. С.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	338
<i>Харин Ю. С.</i> СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В КРИПТОЛОГИИ.....	341
Секция 11. Интернет - проекты студентов, магистрантов и аспирантов	342
<i>Бернацкая Я. И.</i> ФИЛЬТРАЦИЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСЛОВНО-ГАУССОВСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	343
<i>Гаркуша Л. В., Барвенов С. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ COVID-19.....	346
<i>Гончаров А. В.</i> РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ JAVA, REACT JS.....	349
<i>Дрозд В. К.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ IT В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ.....	350
<i>Захаренко А. Д.</i> ПАРСИНГ САЙТОВ НА PYTHON.....	351
<i>Зданевич О. В.</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ-МЕССЕНДЖЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ.....	353
<i>Зинченко Д. Н.</i> РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NODEJS.....	356
<i>Карпиеня М. В.</i> КЛЮЧЕВЫЕ УЯЗВИМОСТИ В БЕЗОПАСНОСТИ ВЕБ- ПРИЛОЖЕНИЙ В 2020 ГОДУ.....	357
<i>Кохнович Р. О.</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ MONEY MANAGER НА JAVA.....	360
<i>Кураленко И. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ XAMARIN И МОБИЛЬНЫХ СЛУЖБ AZURE ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	361

<i>Лебеденко В. И., Вельченко С. А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОТИРОВОК НА ФИНАНСОВОЙ БИРЖЕ.....	362
<i>Маклаков А. В.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ФИТНЕСА.....	364
<i>Мальчикова К. П.</i> СОЗДАНИЕ И ПРОДВИЖЕНИЕ ОНЛАЙН-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА РЕПЕТИТОРА РУССКОГО ЯЗЫКА.....	365
<i>Москалик А. И.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ	367
<i>Нитиевский Д. И.</i> О РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПК-КОНФИГУРАТОР.....	368
<i>Ошмян А. В.</i> АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ О COVID-19 В POWER BI.....	370
<i>Першев А. П.</i> ПРИМЕНЕНИЕ DATA-ORIENTED ПОДХОДА В СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР В СРЕДЕ UNITY	373
<i>Рапинчук Е. Н.</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ НА ANDROID: «ТРЕКЕР ДЛЯ ПРОБЕЖЕК».....	377
<i>Рубин А. Ю.</i> ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ДОМИНО».....	378
<i>Сафиуллин Т. Т.</i> ОБНАРУЖЕНИЕ ВРЕДНОСНЫХ JPEG-ФАЙЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	381
<i>Сурогатов К. О.</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РАКА КОЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОСНИМКОВ	384
<i>Трифонов В. В.</i> РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКА DJANGO.....	385
<i>Шаталов В. В.</i> ПРИЛОЖЕНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА РАБОЧЕГО ПЕРСОНАЛА КОМПАНИИ.....	386