

Научная статья
УДК 629.05

Навигационное обеспечение в России – пример эффективного внедрения научно-технических и технологических достижений в области навигации

Сергей Гарриевич Брайткрайтц, Евгений Михайлович Ильин,
Владимир Юрьевич Корчак, Александр Иванович Полубехин

Аннотация. В статье показана роль научно-технического задела в эволюционно-технологическом процессе создания систем и средств навигационного обеспечения. Продемонстрированы результаты разработок навигационных технологий, средств и систем в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, который является активным участником исследований и разработок в области навигации.

Ключевые слова: базовые и критические технологии; фундаментальные; прогнозные и поисковые исследования; навигационные технологии; средства и системы

Для цитирования: Брайткрайтц С.Г., Ильин Е.М., Корчак В.Ю., Полубехин А.И. Навигационное обеспечение в России – пример эффективного внедрения научно-технических и технологических достижений в области навигации // Вооружение и экономика. 2026. №1(75). С. 15-22.

Original article

Navigation Support in Russia is an Example of the Effective Implementation of Scientific, Technical, and Technological Achievements in the Field of Navigation

Sergei G. Braitkraits, Evgenii M. Ilin, Vladimir Iu. Korchak, Aleksandr I. Polubekhin

Abstract. The article shows the role of scientific and technical backlog in the evolutionary and technological process of navigation systems and tools creation. The article demonstrates the results of the navigation technologies, tools and systems developments at the Bauman Moscow State Technical University that is an active participant in research and development in the field of navigation.

Keywords: basic and critical technologies; fundamental; predictive and search research; navigation technologies; tools and systems

For citation: Braitkraits S.G., Ilin E.M., Korchak V.Iu., Polubekhin A.I. Navigation Support in Russia is an Example of the Effective Implementation of Scientific, Technical, and Technological Achievements in the Field of Navigation. Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics. 2026; 75(1): 15-22. (In Russ.).

Достижение геополитических целей России и обеспечение её национальной безопасности возможно лишь при оснащении силовых министерств и ведомств техникой не только на уровне лучших мировых аналогов, но и превосходящих их по своим характеристикам. При этом большинство современных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) не обходится без средств и систем навигации. Требования к их точности и информативности непрерывно повышаются. Вместе с тем они оказываются весьма уязвимыми в первую очередь в части функционирования и жизнеспособности ввиду непрерывно растущих возможностей средств радиоэлектронного подавления и эффективности высокоточного оружия (ВТО) противника. Поэтому проблема создания максимально информативных, помехоустойчивых и живучих навигационных средств и систем является важнейшей задачей разработки перспективных ВВСТ. А это требует наличия соответствующего научно-технического задела (НТЗ) [1; 2].

Базовые и критические технологии навигационного вооружения

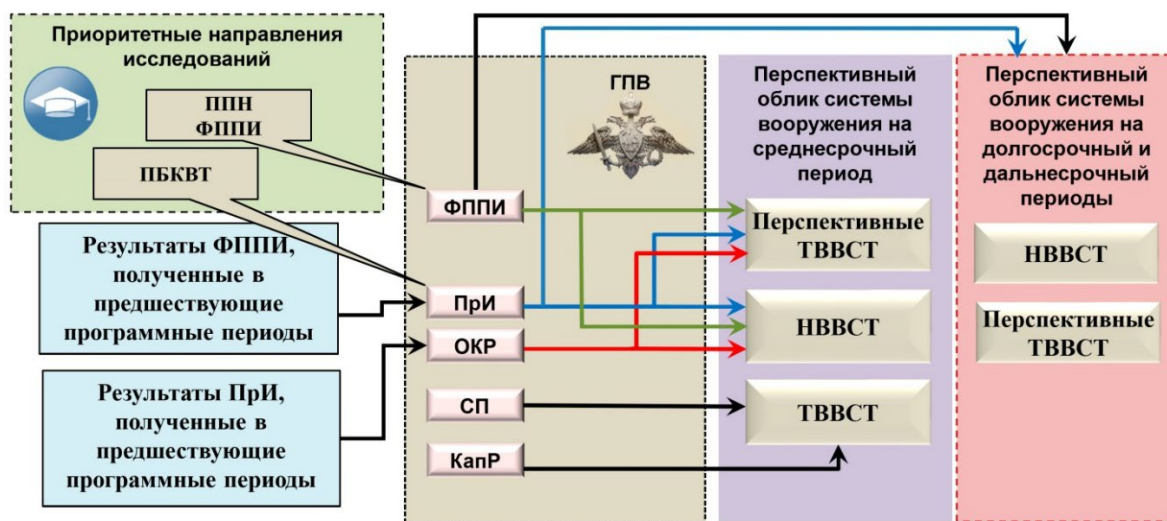
Нормативным документом, определяющим приоритетные направления создания НТЗ для перспективного и нетрадиционного вооружения, является перечень базовых и критических военных технологий (ПБКВТ) [2]. Развитие каждой базовой военной технологии (БВТ) предполагает проведение научных исследований и технологических разработок, направленных на повышение эффективности решения военно-технических задач (ВТЗ) и совершенствование ВВСТ, предназначенных для их решения. В каждой БВТ выделяется ряд критических

военных технологий (КВТ), под которыми понимаются технологии, обеспечивающие решение принципиально новых ВТЗ, существенный прирост тактико-технических характеристик (ТТХ) ВВСТ или значительное снижение затрат на их эксплуатацию [2]. ПБКВТ на период до 2033 года содержит 9 базовых, 54 критических и 461 военную технологию (рисунок 1) [3].

Перспективные виды ВВСТ создаются в рамках эволюционно-технологического процесса, заключающегося в переходе от фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований (ФППИ) к прикладным исследованиям и далее к опытно-конструкторским работам (ОКР) по тому или иному научно-техническому направлению [4] (рисунок 2).



Рисунок 1 – Структура Перечня базовых и критических военных технологий на период до 2033 года



ППН – перечень приоритетных направлений;
 ПБКВТ – перечень базовых и критических военных технологий;
 ГПВ – государственная программа вооружения;
 ФППИ – фундаментальные, прогнозные и поисковые исследования;
 При – прикладные исследования;
 ОКР – опытно-конструкторские работы;
 СП – серийные поставки;
 КапР – капитальный ремонт;
 ТВВСТ – традиционные ВВСТ;
 НВВСТ – нетрадиционные ВВСТ;

Рисунок 2 – Эволюционно-технологический процесс формирования перспективного облика системы вооружения

Навигационное обеспечение является одним из ключевых компонентов разведывательно-информационного обеспечения Вооруженных Сил (ВС) РФ. В данном случае под навигационным обеспечением понимается комплекс организационных и технических мероприятий, предназначенных для получения, преобразования, передачи и использования информации о координатах и параметрах движения подвижных объектов, а также других навигационных элементов, необходимых для автоматического и автоматизированного управления этими объектами в соответствии с их целевым предназначением. Влияние базовых военных технологий на развитие навигационных систем и средств военного назначения показано на рисунке 3.

За последние 20-25 лет в области технологий навигационного обеспечения произошли серьезные изменения. Наиболее отчетливо новые тенденции проявились в ходе современных боевых действий. С учетом этого выделены три основные тенденции в навигационном обеспечении ВВСТ в современных условиях [1].

Первая тенденция – это интеграция навигационных средств в эргатических навигационных системах и комплексах, позволяющая обеспечить рациональное сочетание естественного и искусственного интеллекта с безусловным приоритетом в принятии решения человеком-оператором. Вторая тенденция связана с необходимостью навигационного обеспечения решения принципиально новых задач, обусловленных массовым применением и стремительным развитием новых средств воздушного нападения, включая широкое распространение ВТО всех видов базирования, роевые технологии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и морских робототехнических комплексов. Третья тенденция заключается в активно проводимой модернизации традиционных вооружений – бронетанковой техники, ствольной артиллерии, реактивных систем залпового огня, средств противовоздушной и противоракетной обороны на основе новых навигационных решений – применения систем навигации по геофизическим полям, искусственным радионавигационным полям, формируемым наземными маркерами – для оружия наземного базирования и гидроакустическими буями – для оружия морского базирования.



Рисунок 3 – Влияние базовых военных технологий на развитие навигационных систем и средств военного назначения

На основе анализа базовых и критических военных технологий, а также тенденций в навигационном обеспечении ВВСТ сформирован перечень базовых и критических навигационных технологий. Под базовой навигационной технологией (БНТ) следует понимать совокупность знаний о методах (способах) решения задач навигационного обеспечения, направленных на повышение эффективности решения военно-технических задач ВВСТ и технических средств в данной области [1].

При определении состава БНТ учитывался тот факт, что в настоящее время единой современной (актуальной) программы развития навигационного обеспечения ВВСТ в нашей стране нет. Тем не менее исходя из структуры комплексной целевой программы развития бортовых систем навигации, чувствительных элементов и датчиков для вооружения и военной техники ВС РФ на 2006-2010 гг. и на период до 2015 года с учётом современных исследований выделены три базовые навигационные технологии: инерциальные датчики, чувствительные элементы и инерциальные навигационные системы (ИНС) на их основе; интегрированные навигационные системы и комплексы; навигационные системы по геофизическим и искусственным навигационным полям. По аналогии с БВТ, каждая из которых включает определенное количество КВТ, в составе базовых навигационных технологий выделены критические навигационные технологии (КНТ), под которыми следует понимать технологии, обеспечивающие решение принципиально новых навигационных задач, существенный прирост ТТХ навигационного обеспечения ВВСТ или значительное снижение затрат на изготовление и эксплуатацию навигационных систем, средств и комплексов. С учётом изложенного предлагаемая структура перечня базовых и критических навигационных технологий представлена в таблице 1 [1]. В перспективе состав КНТ может быть расширен за счёт новых научно-технических и технологических достижений в области навигации.

Таблица 1 – Базовые и критические навигационные технологии

Базовые навигационные технологии	Критические навигационные технологии
1. Инерциальные датчики, чувствительные элементы и инерциальные навигационные системы (ИНС) на их основе	1.1. ИНС на лазерных гироскопах
	1.2. ИНС на волоконно-оптических гироскопах
	1.3. ИНС на твердотельных волновых гироскопах
	1.4. ИНС на динамически настраиваемых гироскопах
	1.5. ИНС на электростатических гироскопах
	1.6. ИНС на микроэлектромеханических навигационных элементах
	1.7. ИНС на навигационных чувствительных элементах, основанных на новых физических принципах
2. Интегрированные навигационные системы и комплексы	2.1. Инерциально-спутниковые навигационные системы
	2.2. Астро-инерциально-спутниковые навигационные системы
	2.3. Радионавигационно-инерциальные системы
	2.4. Радиолокационно-инерциальные навигационные системы
	2.5. ИНС, интегрированные с измерителями аэрометрических параметров
	2.6. ИНС, интегрированные с параметрами движения объектов в водной среде
3. Навигационные системы по геофизическим и искусственным навигационным полям	3.1. Рельефометрические корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС)
	3.2. Гравиметрические КЭНС
	3.3. Магнитометрические КЭНС
	3.4. КЭНС, основанные на оптическом контрасте земной поверхности
	3.5. Интегрированные радионавигационные системы на основе наземных псевдоспутников
	3.6. Интегрированные гидроакустические навигационные системы на основе надводных и подводных буев
	3.7. КЭНС, основанные на радиолокационном контрасте земной поверхности

Вклад Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана в развитие навигационных технологий

В настоящее время исследования и разработки, связанные с созданием и совершенствованием навигационных систем, средств и комплексов, а также разработкой соответствующих технологий, осуществляются организациями Российской академии наук (РАН), Высшей школы, оборонно-промышленного комплекса, а также в рамках проектов научных фондов. Существенный вклад в выполнение исследований и разработок в данной области вносит один из ведущих технических вузов страны – Московский государственный технический университет (МГТУ) им. Н.Э. Баумана.

К числу разработок университета, осуществленных в кооперации с ведущими отечественными предприятиями промышленности, организациями РАН и Высшей школы, относятся технологии создания чувствительных элементов различной физической природы для оснащения перспективных навигационных систем и технологии создания перспективных систем навигации.

Первая группа технологий включает:

бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) на основе четырехчастотного лазерного гироскопа¹;

БИНС на основе твердотельного волнового гироскопа (ТВГ) [6];

комплексированные навигационные БИНС нового поколения для ВТО [7; 8];

технологии малогабаритного бесплатформенного инерциального измерительного блока среднего класса точности (МБИНС-СТ) для применения в составе малоразмерных перспективных робототехнических комплексов, функционирующих в условиях длительной автономной работы при отсутствии сигналов спутниковых навигационных систем [9].

С целью реализации комплексной обработки информации в инерциальных навигационных системах на основе чувствительных элементов различной физической природы разработана соответствующая программа для персонального или промышленного компьютера². Программа для ЭВМ предназначена для отработки алгоритмов и отладки программного обеспечения инерциальных навигационных систем на основе чувствительных элементов различной физической природы. Программа включает: программные модули счисления параметров ориентации и навигации, которые позволяют исследовать точностные характеристики комплексных инерциальных систем, построенных на основе чувствительных элементов различной физической природы и отличающихся различными диапазонами и условиями измерений параметров движения; модуль контроля целостности и реконфигурации для исследования процедуры локализации и исключения из структуры комплексной инерциальной системы чувствительных элементов, выдающих недостоверную информацию; модуль комплексной обработки информации для исследования процедуры взаимной поддержки инерциальных навигационных систем, имеющих чувствительные элементы с различными точностными характеристиками и диапазонами измерений параметров движения. Программа имеет открытую модульную архитектуру, позволяющую изменять состав чувствительных элементов, их точностные характеристики и диапазоны измерений, а также развитые средства документирования и мониторинга ее рабочих параметров.

¹ См.: Полубехин А.И., Юрин А.Д., Ильин Е.М., Мартышин А.В., Меркулова И.И., Хрущев А.В., Чернодаров А.В., Брайткрайц С.Г. Программа функционирования бесплатформенной инерциальной системы (БИНС) на основе четырехчастотных лазерных гироскопов: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №RU2020663134 Российская Федерация; правообладатель Минобороны России. Заявл. 15.10.2020; опубл. 22.10.2020; см. также [5].

² Полубехин А.И., Юрин А.Д., Ильин Е.М., Мартышин А.В., Меркулова И.И., Хрущев А.В., Чернодаров А.В., Брайткрайц С.Г. Программа комплексной обработки информации в инерциальных навигационных системах на основе чувствительных элементов различной физической природы: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №RU2020663188 Российская Федерация; правообладатель Минобороны России. Заявл. 15.10.2020; опубл. 23.10.2020.

Ко второй группе технологий относятся:

технология гиросtabilизированной бесплатформенной астроинерциальной навигационной системы (АИНС) [10] с комплексной обработкой навигационной и геодезической информации³ (рисунок 4);

технология АИНС с коррекцией данных о гравитационном поле Земли [11];

технологии радионавигационной системы (РНС) с коррекцией данных по рельефу Земли [12] (рисунки 5-7);

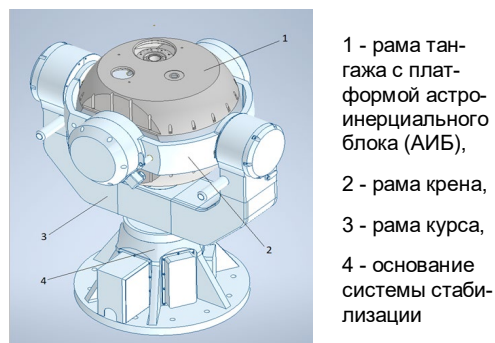


Рисунок 4 – Гиросtabilизированная АИНС



Рисунок 5 – Навигация летательного аппарата (ЛА) по рельефу



Рисунок 6 – Принцип действия интегрированной РНС на основе наземных маркеров

³ Брайткрайц С.Г., Полубехин А.И., Ильин Е.М., Цыганков В.Ю., Трубицин Г.В., Микаэльян С.В. Астронавигационная система: патент №RU2592715 С1 Российская Федерация; патентообладатель Минпромторг России, МПК G01C 21/02. Заявл. 26.03.2015; опублик. 27.07.2016. 11 с.

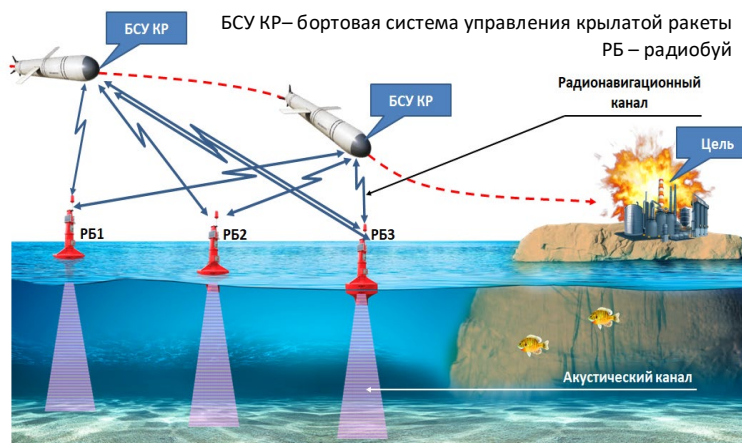


Рисунок 7 – Структурная схема РНС ЛА с автономной коррекцией координат по рельефу морского дна

технология искусственного интеллекта в области перспективных навигационных технологий⁴;

технология БИНС, обеспечивающей высокоточное позиционирование фазового центра антенны (ФЦА) многофункционального бортового радиолокатора (МБРЛК) БПЛА тактического звена⁵;

технология унифицированных автономных навигационных систем пилотируемой и беспилотной авиации для реализации скоростной и позиционной коррекции на основе использования базы данных цифровой картографической информации [13];

технология навигационного обеспечения группировки автономных необитаемых подводных аппаратов [14]).

Следует отметить, что создание системы стабилизации ФЦА на основе технологии БИНС [15] позволило реализовать в МБРЛК *ku*-диапазона достаточно высокое разрешение в режиме картографирования и, как следствие, обеспечить реализацию технологии автоматизированного распознавания типовых наземных объектов воздушной разведки [16; 17].

Практическая реализация разработанных навигационных технологий позволила создать целый ряд уникальных навигационных комплексов различного назначения на уровне лучших мировых аналогов.

Список источников

1. Брайткрайц С.Г., Корчак В.Ю., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Развитие навигационных систем и технологий в России: направления, приоритеты, проблемы: монография. М.: Инфра-М, 2025. 224 с.
2. Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Реулов Р.В., Хованов Д.Г. Роль научно-технического задела в инновационных процессах создания перспективного вооружения: проблемы и пути решения // Вооружение и экономика. 2012. №4(20). С. 41-55.
3. Реулов Р.В., Стукалин С.В., Пронин А.Ю. Развитие базовых военных технологий на современном этапе: обоснование, планирование, реализация // Вооружение и экономика. 2022. №3(61). С. 78-91.
4. Борисенков И.Л., Помазан Ю.В., Тужиков Е.З., Царьков А.Н., Салько А.Е. Создание опережающего научно-технического задела для перспективного вооружения // Известия Института инженерной физики. 2020. №1(55). С. 100-110.

⁴ Ильин Е.М., Козорез Д.А., Красильщиков М.Н., Полубехин А.И., Савостьянов В.Ю., Сыпало К.И. Облик бортовой интегрированной навигационной системы летательного аппарата, обеспечивающей высокоточное позиционирование фазового центра антенны бортовой РЛС // Вестник СибГУТИ. 2016. №3(35). С. 33-45.

⁵ Брайткрайц С.Г., Ильин Е.М., Мартышин А.В., Полубехин А.И., Савостьянов В.Ю., Самарин О.Ф., Юрин А.Д., Хомяков К.А. Унифицированный интегрированный с подсистемой микронавигации малогабаритный многофункциональный радиолокатор для беспилотных летательных аппаратов средней и малой дальности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. №11. С. 313-326.

5. Винокуров Ю.А., Голяев Ю.Д., Дмитриев В.Г., Колбас Ю.Ю., Назаренко М.М., Тихменев Н.В. Трехосный зеэмановский лазерный гироскоп повышенной точности // Сб. материалов XV междунар. конф. по интегрированным навигационным системам (г.Санкт-Петербург, 2008, 26-28 мая). СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2008. С. 116-121.
6. Матвеев В.А., Лунин Б.С., Басараб М.А. Навигационные системы на волновых твердотельных гироскопах. М.: Физматлит. 2008. 240 с.
7. Чернодаров А.В., Патрикеев А.П., Меркулова И.И. Комплексирование распределенных инерциальных навигационных систем на базе волоконно-оптических и микроэлектромеханических измерителей // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2017. Т.20. №6. С. 111-120.
8. Чернодаров А.В., Патрикеев А.П., Борзов А.Б., Меркулова И.И., Коркишко Ю.Н., Федоров В.А., Федоров И.В. Полунатурная отработка многопозиционных инерциально-спутниковых навигационных систем на базе волоконно-оптических и микромеханических измерителей // Сб. материалов XXIV междунар. конф. по интегрированным навигационным системам (г.Санкт-Петербург, 2017, 29-31 мая). СПб: ЦНИИ «Электроприбор», 2017. С. 106-110.
9. Нестеров И.И., Мальгин Н.В., Кутман А.Б., Торопков А.А. Практика применения бесплатформенных инерциальных навигационных систем и гиростабилизированных платформ производства ООО «Гиролаб» для экстремальной робототехники. Перспективные разработки // Экстремальная робототехника. 2020. №1(31). С. 110-117.
10. Болотнов А.С., Кондрашкин Г.В. Эволюция технических решений в построении систем астроинерциальной навигации // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2024. №4(149). С. 4-24.
11. Белоглазов И.Н., Джанджгава Г.И., Чигин Г.П. Основы навигации по физическим полям. М.: Наука, 1985. 327 с.
12. Брайткрайц С.Г., Полубехин А.И., Ильин Е.М., Евдокимов В.А., Юрин А.Д. Бортовая система беспилотного летательного аппарата (БЛА) с автономной коррекцией координат: патент №RU2703806 С1 Российская Федерация; патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана, МПК G01C 21/02. Заявл. 24.10.2018.; опубл. 22.10.2019. 12 с.
13. Микаэльян С.В., Хрущев А.В., Колесников А.В., Шипитько О.С., Полубехин А.И., Цыганков В.Ю., Ильин Е.М. Программное обеспечение по совместному оцениванию позиционной и скоростной коррекции навигационных параметров на основе использования цифровой картографической информации: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №RU2015618273 Российская Федерация; правообладатель Минпромторг России. Заявл. 26.03.2015; опубл. 20.08.2015.
14. Вельтищев В.В., Егоров С.А., Кропотов А.Н., Кулешов В.И., Гурьев А.В. Особенности разработки навигационного обеспечения группировки автономных необитаемых подводных аппаратов // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2014. Т.7. №2. С. 41-45.
15. Ильин Е.М., Полубехин А.И., Юрин А.Д., Брайткрайц С.Г., Халатова Е.С., Репников Д.А. Беспилотный летательный аппарат: патент №RU2718739 С1 Российская Федерация; патентообладатель Минпромторг России, МПК B64C 39/02, G01S 13/90. Заявл. 01.03.2019; опубл. 14.04.2020. 18 с.
16. Молчанов А.С., Чаусов Е.В. Информационная технология автоматизированного распознавания типовых наземных объектов воздушной разведки // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2020): сб. материалов VIII междунар. науч.-техн. конф. (г.Белгород, 2020, 24-25 сентября). Белгород: НИУ «БелГУ». 2020. С. 107-110.
17. Чаусов Е.В., Молчанов А.С. Автоматизированный комплекс обработки цифровых изображений в задаче оценивания линейного разрешения на местности на основе функции передачи модуляции // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. 2020. Т.9. С. 73-76.

Информация об авторах

С.Г. Брайткрайц – доктор технических наук, старший научный сотрудник, SPIN 4779-5045.
 Е.М. Ильин – доктор физико-математических наук, профессор, SPIN 5256-7183.
 В.Ю. Корчак – доктор экономических наук, профессор, SPIN 6862-4288.
 А.И. Полубехин – кандидат технических наук, доцент, SPIN 5841-9560.