

Кафедра исследования операций

E-mail: [io@cs.msu.ru](mailto:io@cs.msu.ru) <http://io.cs.msu.ru>

Телефон: +7 (495) 939-24-91

Заведующий кафедрой: Евтушенко Юрий Гаврилович, академик РАН,  
профессор, д.ф.-м.н.

Исследование операций - это наука о целенаправленном поведении, которая включает разработку, изучение и применение математических моделей при принятии оптимальных решений. Кафедра исследования операций проводит исследования в традиционных областях теории принятия решений, таких как теория оптимизации и численные методы, теория игр и многокритериальная оптимизация. Результаты этого исследования находят применение в математическом моделировании экономических систем, социологии, биологии, автоматизированного проектирования и экологии. В 1994 году на кафедре открылась новая специализация по актуарной математике. На кафедре проводятся исследования математических моделей современной рыночной экономики, банковской и страховой деятельности и инвестиционной политики. Кафедра исследования операций сотрудничает с учреждениями Российской академии наук, пенсионными фондами и финансовыми учреждениями.

### Сотрудники кафедры

Савин Геннадий Иванович, академик РАН, профессор, д.ф.-м.н.

Поспелов Игорь Гермогенович, член-корреспондент РАН, профессор, д.ф.-м.н.

Флеров Юрий Арсениевич, член-корреспондент РАН, профессор, д.ф.-м.н.

Белопицкий Александр Алексеевич, член-корреспондент РАН, профессор, д.ф.-м.н.

Васин Александр Алексеевич, член РАН, профессор, д.ф.-м.н., заместитель заведующего кафедрой

Измаилов Алексей Феридович, профессор, д.ф.-м.н.

Новикова Наталья Михайловна, профессор, д.ф.-м.н.

Голембиовский Дмитрий Юрьевич, профессор, д.т.н.

Посыпкин Михаил Анатольевич, профессор, д.ф.-м.н.

Белянкин Георгий Андреевич, доцент, к.ф.-м.н.

Давидсон Михаил Рувимович, доцент, к.ф.-м.н.

Денисов Дмитрий Витальевич, доцент, к.ф.-м.н., ученый секретарь кафедры

Морозов Владимир Викторович, доцент, к.ф.-м.н., заместитель декана по профессиональному развитию

Поспелова Ирина Игоревна, доцент, к.ф.-м.н.

Решетов Валерий Юрьевич, доцент, к.т.н.

Белянкина Татьяна, старший научный сотрудник, к.т.н.

Шестопалова Вера Васильевна, учебный мастер

## Обязательные курсы

Актuarная математика. Проф. Белолипецкий А.А., 96 лекционных часов, 5-7 семестры.

Математика сложных процентов. Доц. Белянкин Г.А., 32 лекционных часа, 5 семестр.

Информационные технологии в страховании, ФИИТ. Доц. Пospelова И.И., 32 лекционных часа, 7 семестр.

Теория риска. Доц. Денисов, доц. Пospelова И.И. 64 лекционных часа, 6-й и 7-й семестры.

Дискретная оптимизация Доц. Денисов, 32 лекционных часа, 8 семестр.

Математические модели в естествознании и социологии. Проф. Васин, 32 лекционных часа, 10 семестр.

Введение в математическую экономику. Проф. Васина А.А, 32 лекционных часа, 6 семестр.

Дополнительные главы исследования операций. Доц. Морозов В.В., 32 лекционных часа, 6 семестр.

Теория оптимизации. Проф. Измаилов А.Ф., 64 лекционных, 5 и 6 семестры.

Ньютоновские методы в задачах оптимизации и вариационных задач. Проф. Измаилов А.Ф., 32 лекционных часа, 7 семестр.

## Специальные курсы

Математические модели несовершенной конкуренции. Проф. Васин А.А., 64 лекционных часа, 5-й и 6-й семестры.

Макромодели в экономике. Проф. Пospelов А.А., 64 лекционных часа, 7-й и 8-й семестры.

## Специальные семинары

Математические методы в экономике. Проф. Васин А.А., проф. Белолипецкий А.А., доц. Решетов В.Ю.

Оптимизация и исследование операций. Проф. Новикова Н.М., доц. Пospelова И.И., доц. Дэвидсон М.Р.

Теория принятия решений. Доц. Морозов В.В., доц. Белянкин Г.А.

Математическое программирование. Проф. Измаилова А.Ф., доц. Денисов Д.В., проф. Флеров Ю.А.

## Магистерские программы (MSc)

Теория иерархических игр и коллективного поведения (Проф. Ю.Г. Евтушенко и А.А. Васин, доценты В.В. Морозов и Г.А. Белянкин)

## Основные научные направления кафедры

Теория иерархических игр и коллективного поведения (Проф. А.А. Васин, доц. В.В. Морозов, доц. Г.А. Белянкин)

Разрабатываются и исследуются математические модели коллективного поведения для дальнейшего изучения проблем оптимизации структур государственного контроля. Результаты и методы этих исследований могут быть применены в процессе реформирования иерархических структур государственного управления. Кроме того, исследуется математическая модель иерархической структуры управления в государственной инспекции. Следует отметить, что в настоящее время во многих странах, в том числе в России, коррупция рассматривается как одна из основных проблем, препятствующих развитию государства. За последние 20 лет область исследований, связанных с математическим моделированием процессов и методов борьбы с коррупцией, быстро развивается. Эти модели также решают проблему оптимальной организации проверки: в ходе исследований найдена стратегия, которая обеспечивает невыгодные правонарушения и коррупционные сделки во время проверки при минимальных затратах. Использование теоретико-игрового подхода к подавлению коррупции можно рассматривать как взаимодействие коррумпированных агентов игры, в которой каждый игрок (включая государство) пытается максимизировать свою среднюю прибыль. Эти исследования используют подход, известный как «принципал-агент-исполнитель». В моделях, где государство организует инспекцию через иерархическую структуру тестов, вероятность проверок, штрафов и суммы уровней заработной платы проверок и инспекторов являются внешними параметрами. В случае налоговой проверки можно организовать процесс так, чтобы общая коррупция была возможна при относительно низких затратах - всего около 4% от общей суммы налога. Разрабатываются модели, учитывающие неоднородность инспекторов, различные способы стимулирования и агенты разделения, проверенные в похожих группах. На кафедре исследуются математические модели голосования. Мы получаем оценки шансов для одного игрока, чтобы продвинуть своего кандидата из 4 возможных кандидатов, проголосовав с правом вето. Здесь результат зависит от того, являются ли строгие или слабые игроки предпочтением, а также от способности контролировать порядок ходов («ветования») выбранного игрока. Результаты побочных платежей во время голосования изучаются по правилу «самый преимущественный первый игрок». Рассмотрена устойчивость коалиционных структур в гетерогенных популяциях и

получены условия возникновения устойчивых структур коалиции (если исходная структура более не является устойчивой).

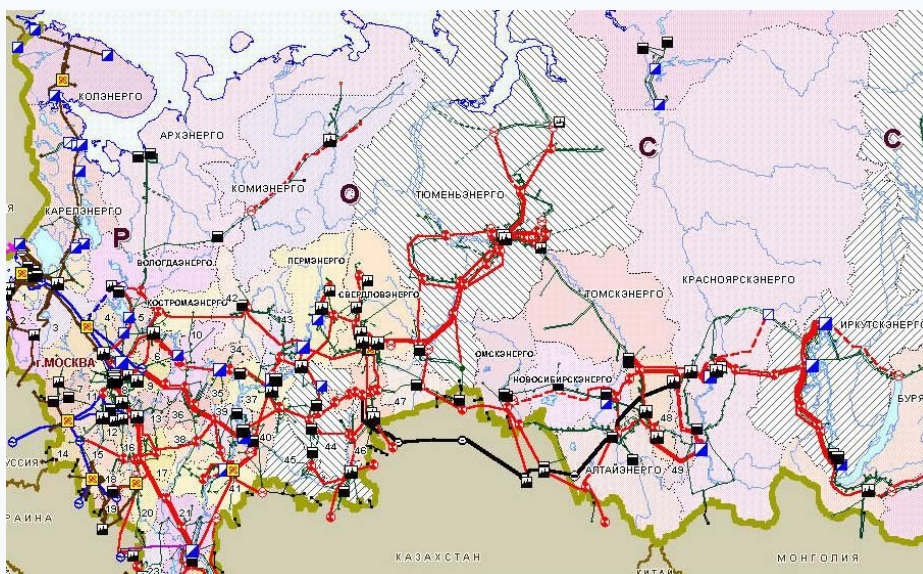
### Исследование операций в страховании и финансах (доц. В.В. Морозов и Д.В. Денисов)

Исследуются математические модели страхования и финансов. Это исследование посвящено проблеме принятия решений при наличии стохастической неопределенности. В этом направлении исследований также рассматриваются различные формулировки проблемы стимулирования агентов, основы и разработка оптимального договора страхования. Мы строим оптимальную стратегию и рассчитываем максимальную прибыль, которую можно получить в моделях с произвольной схемой стимулирования и возрастающей выпуклой структурой. Для модели с произвольной схемой стимулирования разработана схема наилучшей точки, в которой выплачивается только один или два конкретных результата, а компенсация за любой другой результат равна нулю. Оптимальные схемы стимулирования строятся для страхового посредника, который действует в детерминированных проблемах «агент-принципал» в случае, когда есть агенты двух или более типов. Задача стимулирования страхования задает систему задач линейного программирования. Разрабатываются верхние и нижние границы для опционов на два актива. Верхняя граница строится кусочно-линейной аппроксимацией множества немедленного исполнения и соответствующих решений интегральных уравнений для значения опции. Построение нижней границы определяет класс решающих правил, каждое из которых записано как определенная краевая задача. Решение получено в виде быстро сходящихся параметрических рядов. Оптимизация параметров серии дает желаемую нижнюю границу. В игровых задачах взаимодействия между государством и обществом дается оптимальная функция перераспределения для государства, которая максимизирует общий объем производства. Проблема решается при различных ограничениях, например, с ограниченным минимальным уровнем потребления для каждой группы граждан, в непрерывных и дискретных случаях. Результаты, полученные в непрерывном случае, используются для построения оптимальной пенсионной системы, которая максимизирует общее производство в течение жизни граждан.

### Математические модели в экономике (Проф. А.А. Васин, проф. Н.Н. Новикова, доц. И.И. Поспелов, доц. М.Р. Дэвидсон)

Исследуются математические модели рынков с однородными товарами. Исследование посвящено широкому кругу проблем принятия решений в конкурентной среде. Одна из тем исследования охватывает задачу математической оптимизации энергосистемы, которая планируется в соответствии с правилами оптового рынка электроэнергии в

России. Это исследование включает в себя оптимальную готовность электростанций к эксплуатации и планирование их нагрузки в результате торговли электроэнергией (см. Рисунок ниже).



Особенностью аукциона на электроэнергию по сравнению с другими аукционами является необходимость планирования режима работы всей энергосистемы таким образом, чтобы соответствующие параметры оставались в допустимых пределах. Эта особенность приводит к сложной задаче оптимизации, которая учитывает структуру топологии сетки и нелинейные уравнения распределения потока мощности. Подобная проблема должна быть решена в режиме почти в реальном времени, в то время как требования к скорости и точности расчета довольно высоки. Соответствующие математические модели оптимизации, которые могут применяться для планирования на разных временных горизонтах, последовательно описаны. На более длительном временном горизонте дополнительные элементы управления оптимизацией включают возможность включения и выключения блоков, что еще более усложняет эту проблему. Разработаны методы решения указанных проблем. Математическая оптимизационная модель для различных состояний терминала во время запуска и выключения устройства разработана с использованием линейных ограничений, которые включают целочисленные переменные. Также разработана математическая модель для оптимизации ТЭЦ. Предлагается модель для расчета максимальной передачи мощности между двумя наборами узлов (зон) в энергосистеме. Цель этой модели - облегчить торговлю на бирже электроэнергии без нарушения внутренних ограничений системы. Быстрые методы оценки максимального количества активной мощности, которое может быть доставлено произвольному узлу в системе электропитания переменного тока, становятся все более важными. Исследуется особый случай, когда мощность в узлах определяется постоянным импедансом. В контексте оптимизации аукциона энергии также изучаются проблемы планирования

системы транспортировки природного газа, которая включает в себя электронный рынок для торговли газом. Модель сетевого аукциона применяется для изучения возможности развития биржи железнодорожных вагонов. Теоретическое исследование продолжается для игр с двумя агентами (продавцов и покупателей) с векторными критериями, а также для игр с несколькими агентами с ограничениями связывания, налагаемыми сетевой структурой. Влияние сетевой структуры на иерархию систем управления (например, Газпром, РЖД и Федеральная сетевая компания) тщательно изучается. Свойства теоретических схем классической игры изучаются в условиях, близких к фактическим условиям принятия решений (множественные критерии, неопределенность, побочные платежи). Это направление исследований охватывает различные схемы голосования, когда один кандидат выбирается из набора из нескольких кандидатов (с использованием большинства голосов и правила вето).

### Теория и методы оптимизации (проф. А.Ф. Измайлов, доц. М.Г. Фуругян)

Изучается широкий спектр задач оптимизации, включая как классические задачи непрерывной оптимизации, так и задачи дискретной оптимизации, особенно в теории расписаний. Проблемы этих классов часто возникают в области экономики, программирования и технологий.

Исследуются задачи оптимизации при допущениях ослабленной регулярности и квалификации ограничений с акцентом на значимые условия оптимальности и эффективные численные методы. Исследуется сходимость общих ньютоновских схем и их конкретных случаев, в том числе неточное последовательное квадратичное программирование и другие связанные методы. Это приводит к новой точной характеристике локальной свехрлинейной сходимости метода стабилизированного последовательного квадратичного программирования и к новым алгоритмам усеченного последовательного квадратичного программирования, которые используют методы внутренних точек для приближенного решения соответствующих подзадач. Мы также имеем дело с методами ньютоновского типа для задач оптимизации с дополнительными и исчезающими ограничениями, включая те, которые основаны на идее «снятия» проблемы. Другая область нашего исследования связана с разработкой алгоритмов для возможных задач планирования в многопроцессорных системах с прерываниями, особенно для случая, когда продолжительность заданий линейно зависит от количества выделенных им дополнительных ресурсов.

### Некоторые последние научные статьи

1. D.Fernandez, A.F.Izmailov and M.V.Solodov, Sharp primal superlinear convergence results for some Newtonian methods for constrained optimization // SIAM J. Optim., vol. 20, no. 6, pp. 3312-3334, 2010.

2. A.F.Izmailov, Solution sensitivity for Karush-Kuhn-Tucker systems with nonunique Lagrange multipliers // *Optimization*, vol. 59, no. 5, pp. 747-775, 2010.
3. A.F.Izmailov and M.V.Solodov, A truncated SQP method based on inexact interior-point solutions of subproblems // *SIAM J. Optim.*, vol. 20, no. 5, pp. 2584-2613, 2010.
4. A.F.Izmailov and M.V.Solodov, Inexact Josephy-Newton framework for generalized equations and its applications to local analysis of Newtonian methods for constrained optimization // *Comput. Optim. Appl.*, vol. 46, no. 2, pp. 347-368, 2010.
5. A.F.Izmailov, A.L.Pogosyan and M.V.Solodov, Semismooth SQP method for equality-constrained optimization problems with an application to the lifted reformulation of mathematical programs with complementarity constraints // *Optim. Meth. Software*, vol. 26, no. 4, pp. 847-872, 2011.
6. A.F.Izmailov and M.V.Solodov, On attraction of linearly constrained Lagrangian methods and of stabilized and quasi-Newton SQP methods to critical multipliers // *Math. Prog.*, vol. 126, no. 2, pp. 231-257, 2011.
7. Morozov V.V. A securities selling game. Consultants Bureau (United States), 2019, том 30, № 3, с. 295-301
8. Vasin A.A., Grigoryeva O.M., Tsyganov N.I. A model for optimization of transport infrastructure for some homogeneous goods markets. *Journal of Global Optimization*, Kluwer Academic Publishers (Netherlands), 2019 с. 1-20 DOI
9. Alexander Vasin, Olesya Grigoryeva, Nikita Tsyganov. Energy Markets: Optimization of Transmission Networks. *International Journal of Public Administration*, Marcel Dekker Inc. (United States) DOI
10. Васин А.А., Тюленева А.С. Математическая модель выбора оптимальных норм регулирования экономической деятельности. Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика, издательство Изд-во Моск. ун-та (М.), 2018, № 1, с. 16-23 DOI
11. Евтушенко Ю.Г., Третьяков А.А. 2-ФАКТОРМЕТОД НЬЮТОНА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УСЛОВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ВЫРОЖДЕННОЙ СИСТЕМОЙ КУНА-ТАККЕРА. Доклады Академии наук, издательство Наука (М.), 2019, том 485, № 1, с. 19-21
12. Давидсон М.Р., Лабутин Г. Market Applications in the Electricity Market of the Russian Federation. *International Journal of Public Administration*, издательство Marcel Dekker Inc. (United States), 2019, том 42, № 16-17, с. 1363-1369 DOI