

17. Амосов Н.М. Алгоритмы разума. — Киев: Наук. думка, 1979. — 223 с.
18. Автоматы и разумное поведение / Н.М.Амосов, А.М.Касаткин, Л.М.Касаткина, С.А.Талаев. — Киев: Наук. думка, 1973. — 373 с.
19. <http://www.icfst.kiev.ua>.
20. Миотон в управлении движением / Л.С.Алеев, М.И.Вовк, В.Н.Горбанев и др. — Киев: Наук. думка, 1980. — 144 с.
21. Попов А.А. Медицинская информатика // Методологические проблемы кибернетики и информатики. — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 144—151.
22. Старчик В.П., Алеев Л.С., Радкевич Т.А. Построение элементов медицинской информационной системы для класса нейроинфекций // Медицинская кибернетика. — Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1973. — С.52—61.
23. Белов В.М. Исследование и моделирование динамики характеристик личности (по данным долговременных наблюдений от года до десяти лет): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1986.
24. Храмов Ю.А. Школы в науке // Вопросы истории естествознания и техники. — 1982. — № 3. — С. 54—67.
25. Мирская Е.З. Научные школы как форма организации науки: Социологический анализ проблемы // Науковедение. — 2002. — №3. — С. 8—24.
26. Зербіно Д.Д. Наукова школа: лідер і учні. — Львів: Євросвіт, 2001. — 208 с.
27. Амосов Н.М. Разум, человек, общество, будущее. — Киев: Байда, 1994. — 189 с.

*Одержано 06.09.2007*

*О.Я. Гороховатская*

### **Школа академика Н.М. Амосова в области биологической и медицинской кибернетики**

*Освещены жизненный путь, научная, педагогическая, организационная и литературная деятельность академика НАН Украины Н.М. Амосова (1913—2002). Характеризуются возникновение и развитие его научной школы по биологической и медицинской кибернетике, ее работы и состав.*

*А.Н. Глебова*

## **Научная школа В.С. Михалевича**

*Описана научная, педагогическая и организационная деятельность академика НАН Украины и РАН В.С. Михалевича (1930—1994). Анализируются работы самого ученого, сотрудников возглавлявшегося им отдела экономической кибернетики Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, членов созданной им научной школы.*

Выдающийся украинский учёный и организатор науки, академик НАН Украины и Российской АН Владимир Сергеевич Михалевич (1930—1994) известен во всём мире как специалист в области математической и экономической кибернетики, информатики, системного анализа, теории оптимальных решений и численных методов оптимизации [1]. Его научные труды, получив-

шие широкое признание в нашей стране и за рубежом, представляют собой значительный вклад в сокровищницу мировой науки.

В.С. Михалевич является примером учёного, сочетавшего глубину теоретических исследований с их широким практическим использованием. Научные и практические результаты его работ имели существенное значение для



**В.С. Михалевич**

развития новой отрасли науки — экономической кибернетики и во многом способствовали процессу информатизации общества, формированию информатики как научного направления и отрасли народного хозяйства [1, с. 42, 95].

В.С. Михалевич — автор около 250 научных работ, в том числе 11 монографий. Основное направление его научных исследований — математическая кибернетика и её практические применения. Помимо разработки идей и математических методов оптимизации, структуры вычислительных процедур (методы последовательного статистического анализа, обобщённых градиентов, стохастической оптимизации, динамического программирования и др.), В.С. Михалевич проводил исследования в области системного анализа и общей информатики, изучал возможности использования кибернетических методов в экономике, управлении и проектировании, участвовал в создании высокоэффективных вычислительных комплексов и кибернетических систем поддержки принятия решений.

Ранние научные работы В.С. Михалевича, выполненные в период 1950–1960 гг., в основном относятся к непараметрической статистике, теории оптимальных последовательных статистических решений и соответствующих вычислительных процедур. С 1960 г. он основное внимание уделял разработке математического аппарата экономической кибернетики, численных методов оптимизации и их практическому использованию. Вместе с группой учеников им был создан метод последовательного анализа вариантов для численного решения оптимизационных задач.

В.С. Михалевичем сформулированы основные принципы метода последовательного анализа вариантов и дано строгое математическое обоснование этой общей алгоритмической схемы. Идеи этого метода нашли практическое применение в работах, выполненных под его руководством, по оптимальному проектированию сложных коммуникаций, размещению производства, сетевому планированию, анализу транспортных сетей и планированию работы транспорта, загрузке оборудования, созданию автоматизированных систем планирования и управления, решению специальных задач и т.п.

В.С. Михалевич много внимания уделял организации научных исследований, а также внедрению результатов этих исследований в народное хозяйство. Он имел большой опыт научно-организационной и общественной работы, был постоянным членом и активным участником многих советов, комиссий и комитетов, формировавших научную политику в стране (в частности, научно-технических советов Госкомитета по науке и технике СССР, Академии наук СССР и Академии наук УССР). Под его руководством было разработано и реализовано немало важных научных и хозяйственных проектов по развитию информатики и вычислительной техники, созданию автоматизированных систем планирования и

управления. Он являлся научным руководителем работ по созданию Автоматизированной системы плановых расчётов УССР и АСУ Укрсельхозтехники. Именно В.С. Михалевич был инициатором разработки Национальной программы информатизации Украины [1, с. 120].

Практически всю свою жизнь Владимир Сергеевич посвятил Институту кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, где прошёл путь от старшего научного сотрудника до директора. В 1956 г. он защитил кандидатскую диссертацию в области теории игр и последовательных статистических решений (научный руководитель — академик А.Н. Колмогоров). С 1966 г. В.С. Михалевич — доктор физ.-мат. наук, в 1969 г. ему присвоено учёное звание профессора, в 1967 г. он был избран член-корреспондентом АН УССР, в 1974 г. — академиком АН УССР, в 1984 г. — академиком АН СССР. В 1982 г. он возглавил научный коллектив Института кибернетики АН УССР.

В.С. Михалевич внёс существенный вклад в дело, начатое академиком В.М. Глушковым, — создание и становление первого в нашей стране Института кибернетики, его развитие и преобразование во всемирно известный научный центр. Как заместитель директора, а затем директор института В.С. Михалевич проводил большую научно-организационную работу по обеспечению развития важнейших направлений математики и кибернетики. Наряду с непосредственным руководством сектором экономической кибернетики и системотехники он уделял большое внимание организации и развитию математических исследований по различным прикладным направлениям деятельности Института кибернетики. Также он принимал активное участие в создании и организации работы новых научно-исследовательских подразделений и вычислительных центров в Украине в области экономической кибернетики и

применения экономико-математических методов.

С 1974 г. В.С. Михалевич — член бюро Отделения математики и кибернетики АН УССР. 30 марта 1986 г. на Общем собрании Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации АН УССР он был избран академиком-секретарем отделения и утвержден в этой должности Общим собранием АН УССР 31 марта 1988 г. В последние годы жизни В.С. Михалевич был членом Президиума Академии наук Украины и советником Президента Украины.

В характеристике Владимира Сергеевича Михалевича, подписанной президентом АН УССР Б.Е. Патонем, отмечается, что “В.С. Михалевич — создатель научной школы по математическим методам оптимизации” [1, л. 95].

Круг вопросов, которые разрабатывались в рамках научной школы В.С. Михалевича, достаточно широк: теория оптимальных решений и оптимизации вычислений, теория дифференциальных игр, системный анализ, вопросы сетевого планирования и управления, экономико-математического моделирования, исследования операций, математической статистики и др. [1, 2]. Под руководством В.С. Михалевича подготовили и защитили диссертации 48 докторов и кандидатов наук. Среди его учеников есть всемирно известные учёные, которые возглавляют научные коллективы в разных странах.

Школу В.С. Михалевича представляют академики НАН Украины А.А. Бакаев, Ю.М. Ермолев, И.Н. Коваленко, И.В. Сергиенко, Б.Н. Пшеничный, Н.З. Шор, доктора наук В.В. Шкурба, В.Л. Волкович, Н.И. Яровицкий, А.И. Кукса, Г.А. Донец, А.М. Гупал и др.

Наряду с научной работой В.С. Михалевич активно участвовал в учебно-педагогической деятельности, проводил большую работу по подготовке квалифицированных научных кадров. Он систематически читал общие и специ-

альные курсы лекций по теории оптимальных решений и численным методам студентам Московского физико-технического института, Киевского университета, Киевского института народного хозяйства, КВИРТУ, часто выступал с докладами и лекциями перед общественностью.

В.С. Михалевич активно занимался подготовкой и повышением квалификации специалистов в области оптимизации, системного анализа и исследования операций. Он был сопредседателем большинства зимних школ по математическому программированию в Дрогобыче, летних школ по оптимизации, которые проводил академик Н.Н. Моисеев. Сотрудники отдела В.С. Михалевича в Институте кибернетики участвовали в математических школах в Свердловске, Иркутске, во всесоюзных семинарах по теории графов и др. В.С. Михалевич руководил республиканскими семинарами по экономической кибернетике и по теории оптимальных решений научного совета АН УССР, являлся заместителем редактора журнала “Кибернетика” и ответственным редактором трудов научных семинаров по экономической кибернетике и исследованию операций.

В.М. Глушков и В.С. Михалевич приложили немало усилий для формирования в Киевском университете факультета кибернетики и кафедры экономической кибернетики. В конце 60-х годов в Киеве был открыт филиал МФТИ, а при Институте кибернетики начала работать кафедра управления и прикладной математики, на которой обучались и писали дипломные работы студенты 5-го курса МФТИ. Благодаря этому многие отделы, в частности его отдел, получали талантливое, энергичное пополнение молодых специалистов. С 1983 г. В.С. Михалевич одновременно с научной и организационной работой в Киеве заведовал кафедрой МФТИ.

Он регулярно участвовал в международных научных форумах, возглавлял Национальный комитет по системному анализу, был членом Европейской ассоциации по проблемам риска. Неоднократно выступал с докладами на научных конференциях и симпозиумах в Венгрии, ФРГ, Чехословакии, Англии, Бельгии, Польше, ГДР. Владимир Сергеевич был представителем Украины в Международном институте прикладного системного анализа в Австрии, выполняя обязанности члена Научного совета этого института и куратора ряда крупномасштабных проектов в области экономики, энергетики и информатики. Вместе с Ю.М. Ермольевым они создали условия для стажировки и работы там наших молодых ученых, поддерживали на высоком уровне престиж украинской науки в области математики и информатики.

В.С. Михалевич пользовался заслуженным авторитетом и уважением научной общественности не только в своей стране, но и за рубежом. Многие известные специалисты в области информатики, математики, экономики и исследования операций обязаны своими творческими достижениями влиянию этого незаурядного, доброжелательного и тактичного человека.

По словам академика НАН Украины Ивана Васильевича Сергиенко, ученика и коллеги В.С. Михалевича, “Это был отзывчивый и добрый человек, всегда жизнерадостный, щедрый на хорошие дела. То, что сделал в науке В.С. Михалевич, вряд ли можно сегодня в полной мере оценить. Очевидно, это станет понятным лишь в будущем” [2, с. 119].

В.С. Михалевич родился 10 марта 1930 г. в Чернигове, где прошли его детские и юношеские годы (за исключением нескольких лет эвакуации во время войны). В 1947 г. он окончил среднюю школу и поступил на механико-математический факультет Киевского университета. Первые научные работы, выполненные им в университете под ру-

ководством академика Б.В. Гнеденко, были посвящены исследованию эмпирических функций распределения и опубликованы в «Докладах АН СССР» (1951–1952 гг.). По окончании в 1952 г. университета В.С. Михалевич, получив высокую оценку своего руководителя, в числе наиболее способных аспирантов был направлен на механико-математический факультет МГУ, где под руководством академика А.Н. Колмогорова продолжил обучение в аспирантуре (1953–1956).

Проводимые им в этот период исследования были посвящены последовательным процедурам статистического анализа и принятия решений [3, 4]. Это было новое направление в математике, зачинателем которого явился А. Вальд. В.С. Михалевич применил идеи А. Вальда к важным в прикладном отношении задачам приемочного статистического контроля в байесовской постановке, когда *a priori* известно вероятностное распределение бракованных изделий. Используя понятие «урезанных» (по числу шагов) процедур, В.С. Михалевич получил пионерские результаты в области последовательного приемочного контроля, опубликованные в работе [4]. Фактически она содержала изложение основных результатов его кандидатской диссертации, которую он успешно защитил в МГУ в 1956 г.

В том же 1956 г. В.С. Михалевич возвратился в Киевский университет, где начал читать на механико-математическом факультете новые курсы лекций по теории игр и последовательному статистическому анализу. Эти лекции посещали студенты, ставшие впоследствии докторами, членами-корреспондентами и академиками НАНУ (А.А. Летичевский, И.Н. Коваленко, Н.З. Шор, А.Н. Шарковский, В.И. Редько, Ю.М. Ермольев и др.). Присутствие их на занятиях у В.С. Михалевича было не случайным, ещё школьниками многие из них слушали в 1951–1953 гг. по-

пулярные лекции студента и аспиранта В.С. Михалевича.

В КГУ Владимир Сергеевич продолжил заниматься задачами приемочного контроля в байесовской постановке. В статье [5] он на высоком математическом уровне рассмотрел задачи «об остановке» с непрерывным временем, позволяющие осуществить байесовский выбор между двумя гипотезами. В дальнейшем эти идеи В.С. Михалевича получили развитие в работах А.Н. Ширяева и его учеников [6].

Так как определение границ принятия решений при значительном числе последовательных этапов требовало трудоемких вычислений, В.С. Михалевич заинтересовался возможностями МЭСМ, которая только начала функционировать в Феофании (в Киеве). Под его руководством в 1957 г. были разработаны первые программы для МЭСМ, созданной С.А. Лебедевым. Для апробации своего метода урезанных байесовских стратегий В.С. Михалевич предложил нескольким студентам-выпускникам в качестве производственной практики разработать программы, реализующие его алгоритм последовательного принятия решений в задачах приёмочного контроля [4]. Такое задание выполняли, в частности, А.Н. Шарковский и Н.З. Шор, что сыграло для последнего большую роль при распределении на работу в Вычислительный центр АН УССР после окончания КГУ в 1958 г.

В 1958 г. новый директор Вычислительного центра АН УССР В.М. Глушков предложил В.С. Михалевичу перейти в ВЦ и возглавить группу специалистов по теории вероятностей и математической статистике для выполнения работ в области теории надёжности электронных устройств и исследования операций. По инициативе В.М. Глушкова из его отдела теории цифровых автоматов выделилась небольшая группа математиков (В.С. Михалевич, Ю.М. Ермольев, В.В. Шкурба и Н.З. Шор),

которые вместе с Бернардо дель Рио — доцентом Ростовского института инженеров железнодорожного транспорта, переехавшим в Киев по приглашению В.М. Глушкова, — образовали отдел автоматизации производства, статистического учёта и планирования. Дальновидно оценив важное значение зарождающейся вычислительной техники для управления народным хозяйством, В.М. Глушков в начале 1960 г. подписал приказ о создании нового отдела, который вскоре получил название «отдел экономической кибернетики» и который возглавил В.С. Михалевич. Традиционно уже 40 лет день 7 января 1960 г., когда отдел получил свою комнату, считается днём основания отдела В.С. Михалевича.

Отдел стал «кузницей кадров» в области оптимального планирования, управления народным хозяйством, исследования операций, проектирования сложных объектов и систем, моделирования и автоматизации процессов на транспорте и т.п. Только в 1960–1962 гг. в нем стажировалось свыше 100 человек из разных регионов СССР; многие из них остались работать в отделе. Отдел быстро рос и к 1964 г. насчитывал около 100 сотрудников. В дальнейшем из него выделились более десятка отделов и лабораторий, составивших ядро научной школы оптимизации, которая сформировалась в 60-е годы в Институте кибернетики АН УССР.

Среди видных представителей киевской оптимизационной школы — академик Б.Н.Пшеничный и его ученики (нелинейный и выпуклый анализ, дифференциальные игры, оптимальное управление, нелинейное программирование, динамические модели экономики); Ю.М. Ермольев и его ученики (нелинейное и стохастическое программирование, негладкая оптимизация, моделирование и оптимизация сложных стохастических систем). Серьёзные исследования по разработке приближённых методов дискретной опти-

мизации выполнены под руководством академика АН Украины И.В. Сергиенко. Доктор физ.-мат. наук В.А. Трубин выполнил ряд исследований по анализу вычислительной сложности задач дискретной оптимизации.

В 70-е годы академик В.М. Глушков создал ряд работ по системной оптимизации, связанных с оптимизацией многокритериальных систем в диалоговом режиме. Это направление получило продолжение в многочисленных работах В.Л. Волковича и его учеников. В 1981 г. группа учёных Института кибернетики (В.С. Михалевич, И.В. Сергиенко, Ю.М. Ермольев, В.В. Шкурба, Н.З. Шор, А.А. Бакаев, Т.П. Марьянович, В.Л.Волкович) за разработку комплекса методов оптимизации получила Государственную премию СССР.

Теоретические разработки отдела с самого начала были связаны с необходимостью решения проблем оптимального планирования и проектирования. При разработке алгоритмов численного решения ряда экстремальных технико-экономических задач В.С. Михалевич обратил внимание на полезность использования идей теории последовательных статистических решений. В этой теории, а также в развитой В.С. Михалевичем схеме последовательного поиска [4, 7] вводится понятие реализации опыта как случайного события, статистически связанного с основным множеством индивидуальных объектов, относительно которых осуществляется поиск и оценивается качество принимаемого решения. Следствием реализации опыта является перераспределение вероятностной меры величин и признаков, характеризующих индивидуальные объекты. В основе выбора рационального алгоритма поиска приемлемого решения лежит последовательное планирование экспериментов в зависимости от предыдущих реализаций опытов. При рассмотрении детерминированных многовариантных задач нередко сталкиваются с частным случаем

общей схемы, когда в результате реализации опытов некоторое подмножество индивидуальных объектов приобретает вероятностную меру 0, т.е. может быть исключено из дальнейшего рассмотрения приемлемых вариантов.

Этот вырожденный, но весьма важный случай получил название «схема последовательного анализа вариантов». Впервые она была изложена на 4-м Всесоюзном математическом съезде в июле 1961 г. [8], а затем в совместной публикации В.С. Михалевича и его ученика Н.З. Шора [9]. Эта схема получила серьезное развитие в отделе экономической кибернетики при решении задач оптимального проектирования дорог [10, 11], электрических и газовых сетей [12], при определении кратчайших путей на сетях [13] и критических путей в сетевых графиках, при решении задач размещения производства, теории расписаний и календарного планирования [14], а также ряда других дискретных задач [9]. В ВЦ АН СССР эта схема под названием «киевский веник» широко использовалась в работах академика Н.Н. Моисеева и его учеников, в Белоруссии — в работах профессоров В.С. Танаева и В.А. Емеличева.

Значительный вклад в теоретическое развитие схемы последовательного конструирования, анализа и отбора вариантов внесли ученики В.С. Михалевича Н.З. Шор, В.В. Шкурба, Л.А. Галустова, Г.А. Донец, А.Н. Сибирко, А.И. Кукса, В.А. Трубин и др.

В.С. Михалевич и Н.З. Шор предложили обобщенный принцип оптимальности для монотонно-рекурсивных функций, являющийся достаточно широким обобщением «принципа оптимальности» Белмана в динамическом программировании. Большинство указанных выше приложений схемы последовательного анализа вариантов основаны на использовании этого обобщенного принципа [9].

Последовательные алгоритмы оптимизации описаны также в совместной

монографии В.С. Михалевича и В.Л. Волковича [15]. В [16] дано описание последовательных алгоритмов решения смешанных задач линейного программирования с предварительным отсеиванием лишних ограничений и переменных, которые в оптимальном решении могут принимать только нулевые значения.

Достаточно полное, концентрированное изложение основных идей последовательного принятия решений можно найти в работах [7, 17], послуживших основой докторской диссертации В.С. Михалевича, а также в монографии [18], опубликованной под его редакцией.

С точки зрения формальной логики схема последовательного анализа вариантов сводится к повторению такой последовательности действий:

разбиение множества возможных вариантов решений задачи на семейство подмножеств, каждое из которых обладает дополнительными специфическими свойствами;

использование этих свойств для поиска логических противоречий в описании отдельных подмножеств;

исключение из дальнейшего рассмотрения подмножеств вариантов, в описании которых имеются логические противоречия.

Методика последовательного анализа, конструирования и отсеивания вариантов состоит в таком способе построения вариантов и выборе операторов их анализа, при котором сразу отсеиваются бесперспективные части вариантов без их полного построения и соответственно все множество их продолжений. При этом происходит значительная экономия в вычислительной процедуре, которая тем существенней, чем больше специфических свойств задачи использовано при построении операторов анализа и отсева.

В 1963 г. В.С. Михалевич был назначен координатором (в масштабе СССР) работ по внедрению систем сетевого

планирования и управления в основных машиностроительных и оборонных отраслях, а также в строительстве. Результаты этих разработок способствовали внедрению систем расчета сетевых графиков для управления многими крупными проектами и строительством важных сложных объектов. Для поиска критических путей использовался алгоритм, близкий к алгоритму нахождения кратчайших путей на сети [13], основанный на идеях последовательного анализа вариантов. Автором программы был Г.А. Донец, который в настоящее время заведует отделом экономической кибернетики в Институте кибернетики.

В 1966 г. В.С. Михалевичем была организована 1-я Всесоюзная конференция по математическим вопросам сетевого планирования и управления, предвосхитившая многие последующие исследования в этой области [19]. Конференция стимулировала соответствующие обширные практические разработки в СССР, к которым В.С. Михалевич имел отношение как научный руководитель. К ним относятся приложения в оборонной промышленности (ввод в эксплуатацию первой советской атомной подводной лодки), в строительстве нефтехимкомбината, доменных печей, участков БАМа, в стапельном производстве судостроительного завода и в других областях. В 1963–1966 гг. сотрудники отдела В.С. Михалевича организовали в масштабах СССР методическое руководство внедрением методов сетевого планирования и управления в 9 министерствах ВПК и в строительстве.

В те годы отдел экономической кибернетики быстро расширялся и дал начало многим подразделениям как в самом Институте кибернетики, так и в других организациях. Из отдела экономической кибернетики выделились отделы А.А. Бакаева, В.В. Шкурбы, Н.И. Яровицкого, Т.П. Подчасовой и др.

Один из ближайших учеников В.С. Михалевича В.В. Шкурба развил

идеи последовательного анализа вариантов применительно к решению задач упорядочения, таких как оптимальное расположение станков в обрабатывающих центрах, восстановление генетических последовательностей в двойной спирали Уотса–Крика по их отрезкам и т.п. Эти работы дали толчок к сотрудничеству с белорусскими учеными, занимающимися теорией расписаний, результатом которого была монография, ставшая классическим пособием в этой области [20]. В.В. Шкурба, являясь научным руководителем математического обеспечения для решения задач календарного планирования в условиях ограниченных ресурсов, вместе со своими учениками принял активное участие в создании систем автоматизированного управления производством («Львов», «Кунцево» и др.) [21–25].

В работах В.В. Шкурбы исследован предмет теории расписаний, осуществлена классификация задач, разработаны точные методы решения некоторых специальных задач теории расписаний и приближенные методы решения общей задачи формирования календарных планов [20, 21]. В монографии [20] рассмотрены задачи оптимального упорядочения комплекса взаимосвязанных операций во времени и описаны методы решения такого класса задач, в работе [21] вопросы решения задач календарного планирования и управления на промышленных предприятиях впервые рассмотрены с единых позиций применения методов прикладной математики и вычислительной техники. Опыт решения широкого спектра задач календарного планирования на ряде промышленных предприятий, в том числе в рамках создания автоматизированных систем управления, отражен в работах [22, 23].

Эффективные средства решения оптимизационных задач календарного планирования на производстве, базирующиеся на использовании эвристических алгоритмов, которые существенно



повышают качество управления производством, содержатся в монографии [24]. Здесь впервые систематизированы и предложены оригинальные подходы к проблеме оценки эффективности эвристических алгоритмов.

Развитие идей календарного планирования, моделирования производственных процессов и управления крупным промышленным предприятием нашло отражение в работе [25]. В ней аргументирована необходимость реализации систем управления современным производственным объединением как многоуровневых иерархических систем и изложены основные принципы их построения. Систематизированы результаты по совершенствованию планирования производства на основе современных экономико-математических методов, технологии диалоговых режимов функционирования и принципов системной оптимизации.

В работах И.В. Сергиенко [26–28] впервые был изучен класс задач календарного планирования, возникающих при автоматизации сложных производственных процессов (в частности, при металлообработке в процессе гальванизации деталей), предложены подходы к формализации таких задач и методы их решения. На основе полученных результатов было разработано математическое обеспечение автоматизированной системы «Гальваник», широко используемой в промышленности и в настоящее время.

Ряд важных теоретических результатов, связанных с количественным анализом методов последовательной оптимизации, главным образом применительно к сетевым задачам распределения ограниченных ресурсов, составления расписаний и родственным задачам, были получены В.С. Михалевичем совместно с А.И. Куксой и опубликованы в монографии [29].

В 1961 г. В.С. Михалевич установил тесные контакты с транспортным отделом Госплана УССР, где работал веду-

щим специалистом А.А. Бакаев, разработавший ряд моделей комплексных перевозок массовых грузов, которые в первом приближении сводились к задачам линейного программирования большой размерности. Для решения такого рода задач в сетевой форме в 1961 г. Н.З. Шор предложил метод обобщённого градиентного спуска (позже получивший название субградиентного процесса) — простой алгоритм, позволяющий минимизировать выпуклые функции с разрывным градиентом.

Эта работа инициировала дальнейшие исследования по развитию субградиентных методов негладкой оптимизации, проводимые в отделе экономической кибернетики. Н.Э. Шор детально исследовал общие проблемы минимизации не всюду дифференцируемых функций [30], которые проявляются при решении разнообразных задач математического программирования, оптимального планирования и проектирования. Метод обобщённого градиентного спуска сначала применялся для минимизации кусочно-гладких выпуклых функций, появляющихся при решении транспортных и транспортно-производственных задач [31], затем — для класса произвольных выпуклых функций [32] и задач выпуклого программирования. Значительный вклад в обоснование и развитие этого метода был внесен Ю.М. Ермольевым [33] и московским математиком Б.Т. Поляком. В работах Б.Н. Пшеничного [34, 35], В.Ф. Демьянова, И.И. Ерёмкина, Т. Рокафеллара (США) и других ученых были развиты идеи негладкого выпуклого анализа.

Первые практические приложения методов градиентного спуска были связаны с решением транспортных задач и инициированы А.А.Бакаевым, перешедшим в Институт кибернетики. Впоследствии субградиентные методы стали математической основой многих исследований в области транспорта, выполненных в отделе А.А. Бакаева. В

60-е годы субградиентные методы были применены для оптимизации загрузки прокатных станов в СССР. При этом много усилий для организации и внедрения систем оптимальной загрузки приложили В.С. Михалевич и В.М. Глушков совместно с академиком Л.В. Канторовичем. Следует при этом отметить, что субградиентные методы были «переоткрыты» на Западе и оценены лишь в 1974 г., когда в них увидели ключ к решению задач большой размерности с использованием схем декомпозиции [36].

В целях расширения области эффективно решаемых задач негладкой оптимизации Н.Э. Шором совместно с его учениками в 1969–1971 гг. были предложены и экспериментально исследованы методы субградиентного типа с растяжением пространства, используемые для решения задач с «овражными» и негладкими функциями [37–39]. Разработанный алгоритм с растяжением пространства в направлении разности двух последовательных субградиентов (так называемый  $r$ -алгоритм) и в настоящее время остается одной из наиболее практически эффективных процедур негладкой оптимизации.

В 1976–1977 гг. независимо А.С. Немовским с Д.Б. Юдиным и Н.Э. Шором [40] был предложен метод эллипсоидов, комбинирующий в себе идеи методов секущих гиперплоскостей и преобразования пространства. Фактически этот метод является частным случаем метода субградиентного типа с растяжением пространства, разработанного в 1970 г. Н.Э. Шором. Метод эллипсоидов получил широкую известность после того, как на его основе Л.Г. Хачиян в 1979 г. предложил итеративный алгоритм решения задачи линейного программирования [41]. Затем он впервые показал, что такая задача, как и выпуклые задачи квадратичного программирования, является разрешимой за полиномиальное время. Ряд модификаций

метода эллипсоидов предложил В.И. Гершович в работе [42].

В.С. Михалевич всячески поддерживал развитие направления негладкой оптимизации и пропагандировал результаты, полученные в отделе. Во многом благодаря ему эти работы получили мировое признание. В.С. Михалевич и Н.Э. Шор участвовали в 11-м Международном симпозиуме по математическому программированию (1982), где выступили с пленарными докладами по развитию методов и технологии решения оптимизационных задач большой размерности.

Методы негладкой оптимизации, разработанные в отделе экономической кибернетики [32], стали математическим ядром системы оптимальной загрузки трубных предприятий СССР, разработанной Институтом кибернетики АН УССР совместно с ВНИТИ трубной промышленности (заведующий лабораторией А.И. Вайнзоф). В.М. Глушков, Л.В. Канторович и В.С. Михалевич приложили немало усилий для внедрения этой системы. В.С. Михалевич принимал также непосредственное участие в разработке методов оптимального планирования в гражданской авиации [43]. Весомый вклад в развитие методов негладкой оптимизации в 70-е годы внесли также ученики В.С. Михалевича А.М. Гупал, Е.А. Нурминский, Л.Г. Баженов, Н.Г. Журбенко, В.И. Гершович.

В 1980–1990 гг. в отделе В.С. Михалевича, а также в отделах, которые «отпочковались» от него, были разработаны новые алгоритмы негладкой оптимизации применительно к специальным классам задач нелинейного и дискретного программирования [44, 45]. Большинство таких задач являются многоэкстремальными и могут быть точно решены с использованием переборных методов, требующих более точной нижней оценки целевой функции в задачах минимизации. Н.З. Шор предложил использовать для ряда многоэкс-

тремальных и комбинаторных оптимизационных задач квадратичные двойственные оценки, которые, как правило, являются более точными по сравнению с линейными оценками и могут быть получены с использованием методов негладкой оптимизации. Кроме того, им разработана методика генерации функционально избыточных квадратичных ограничений, введение которых в модель не изменяет сути задачи, но в ряде случаев позволяет получить более точные двойственные оценки.

Эти идеи применялись Н.З. Шором при анализе задачи поиска глобальных экстремумов в полиномиальных задачах математического программирования. Результат, полученный в работах [46, 47], оказался непосредственно связанным с классической 17-й проблемой Гильберта о представимости неотрицательной рациональной функции в виде суммы квадратов рациональных функций. Эти исследования расширяют область эффективно решаемых задач глобальной полиномиальной минимизации, включая как частный случай выпуклые задачи.

Алгоритмы построения квадратичных двойственных оценок были предложены Н.З. Шором для таких экстремальных задач на графах, как задачи нахождения максимального взвешенного независимого множества графов, минимальной раскраски графов, комбинаторной задачи выбора, оптимального разбиения графов, максимального взвешенного разреза в графе и т.д. [44]. На основе методов негладкой оптимизации разработаны новые алгоритмы построения оптимальных по объему вписанных и описанных эллипсоидов, алгоритмы решения ряда задач теории устойчивости и управления динамическими системами и т.д. Эти исследования достаточно полно представлены в монографии [48].

Важные результаты, связанные с исследованием и решением ряда специальных задач дискретной оптимизации,

получены профессором В.А.Трубиным, много лет проработавшим в отделе экономической кибернетики. Им были изучены свойства многогранника ограничений комбинаторной задачи разбиения, который позволяет построить алгоритм решения задачи разбиения со сравнительно небольшим числом итераций. Однако, как почти одновременно было отмечено многими исследователями, вычислительная работа, необходимая для выполнения одной итерации такого алгоритма, может оказаться весьма трудоемкой. К классу задач разбиения относятся многие задачи оптимизации на графах и сетях, такие как нахождение максимального независимого множества, минимального покрытия, раскраски, задач размещения и синтеза коммуникационных сетей, развозки и составления расписаний.

В 1986 г. В.С. Михалевичем и В.А. Трубиным были начаты работы в области минимизации вогнутых функций на транспортном многограннике [32, 49]. К этому классу относятся многочисленные экстремальные задачи, возникающие при проектировании коммуникационных и информационных сетей, размещении производства, выборе состава оборудования для многономенклатурных производств, унификации и стандартизации. Одним из наиболее перспективных способов является их сведение к задачам дискретной оптимизации специальной структуры и разработка для решения последних методов декомпозиции, максимально учитывающих их структурные свойства.

Была разработана общая декомпозиционная схема построения двусторонних оценок функционала в указанных задачах, которая даёт возможность заменить алгоритм точного построения оценок его приближенным вариантом градиентного типа. Такая замена резко снижает трудоемкость построения оценок, но, к сожалению, может ухудшить их. Однако многочисленные экспери-

менты на различных практических задачах показали, что разрыв между этими оценками остается небольшим, а время решения задач вполне приемлемо [32]. Приближенный подход часто является единственным возможным в связи с большой размерностью задач, возникающих в практике проектирования. Он использовался для решения задач размещения баз ремонта локомотивов и вагонов, проектирования систем водоснабжения Запорожской и Закарпатской областей Украины, городских коммуникационных и электрических сетей, судовых трубопроводных сетей, задач выбора состава оборудования трубных цехов и ряда других.

Характерный для молодых коллективов энтузиазм и дальновидная политика В.М. Глушкова и В.С. Михалевича в отношении выдвижения талантливых учёных способствовали формированию сильных по своему творческому потенциалу групп сотрудников, эффективно работающих в актуальных направлениях оптимизации. Ярким примером тому может служить школа академика НАН Украины Б.Н. Пшеничного. Тематика его работ была связана с исследованием квазиньютоновских методов (вместе с Ю.М. Данилиным) [35], выпуклым анализом в банаховых пространствах [34], методами линеаризации и нелинейного программирования [50, 51], теорией многозначных отображений и гарантированными оценками (вместе с В.Г. Покотило).

Особенно весомые результаты достигнуты в области дифференциальных игр [52–54]. По инициативе Б.Н. Пшеничного и при поддержке В.С. Михалевича образовался новый отдел под руководством А.А. Чикрия, в котором основные исследования связаны с играми преследования — убегания, в том числе групповыми, имеющими важные приложения как в экономике, так и в исследовании операций. Основные результаты опубликованы в монографиях

[53, 54], в написании которых большую роль сыграла Г.Ц. Чикрий.

Важным направлением исследований научной школы В.С. Михалевича явилось развитие моделей и методов стохастической оптимизации, в которых в явной форме учитываются вероятностный характер исследуемых процессов, а также риск, связанный с неопределенностью как неотъемлемой чертой процесса принятия решений. Актуальность этого научного направления определяется необходимостью системного всестороннего анализа перспектив развития экономики, энергетики, сельскохозяйственного производства и их влияния на окружающую среду и человека. Кроме того, существует широкий класс прикладных задач, которые не могут быть сформулированы и решены в рамках детерминированных подходов.

В работах сотрудников отдела экономической кибернетики развивались так называемые стохастические квазиградиентные методы для решения общих задач оптимизации с недифференцируемыми и невыпуклыми функциями [33, 55–57]. Возможность применения этих методов весьма существенна для важных прикладных задач с быстрым и непредсказуемым поведением моделируемых объектов. Стохастические квазиградиентные методы могут рассматриваться как обобщение методов стохастической аппроксимации на задачи с ограничениями, а также как развитие методов случайного поиска. Следует подчеркнуть важную особенность стохастических квазиградиентных методов — они не требуют точных значений функции цели и ограничений. Это открывает широкие возможности их использования при оптимизации сложных систем в условиях неопределённости. В разработку этих методов значительный вклад внёс Ю.М. Ермольев, построивший легко реализуемые, устойчивые к случайным помехам стохастические процедуры декомпозиции

[58, 59]. В отличие от традиционных детерминированных подходов они не требуют одновременного решения на каждой итерации всех подзадач с последующей сложной координацией связывающих переменных, что позволяет избежать практически непреодолимых трудностей вычисления многомерных интегралов (математических ожиданий).

В настоящее время стохастическое программирование продолжает оставаться быстро развивающейся ветвью теории исследований операций. Неопределенность была, есть и будет неотъемлемым свойством процесса принятия решений. Обширной областью приложения идей и методов стохастического программирования является сфера управления риском в хозяйственной деятельности человека. Математические модели и методы оценки риска на экологически опасных производствах были изучены В.С. Михалевичем с учениками [60, 61].

В научной литературе активно исследуются методы (в том числе стохастические квазиградиентные) оптимизации стохастических динамических систем с дискретными событиями. Динамика такой системы определяется возможными состояниями системы, возможными событиями в каждом состоянии, временами наступления событий и функциями перехода в новые состояния. Стохастические динамические системы с дискретными событиями являются моделями таких сложных технических систем, как сети связи, компьютерные сети, системы и сети обслуживания, гибкие производственные системы. Функционалы, описывающие качество функционирования системы с дискретными событиями, — невыпуклые, негладкие и даже разрывные. Переменные оптимизации могут быть непрерывными и дискретными. Поэтому необходимы новые методы для решения задач дискретной стохастической оптимизации, разрывной оптимизации, стохастической глобальной оптимизации.

Одним из универсальных подходов к решению этих задач является статистический метод эмпирических средних, предложенный учениками В.С. Михалевича [62].

Именно В.С. Михалевич ещё в начале 60-х годов привлек внимание сотрудников к проблемам, связанным с теорией распознавания и идентификации для стохастических систем с сосредоточенными и распределенными параметрами. Большое прикладное значение этих работ стимулировало развитие новых направлений в статистике случайных функций. Были предложены новые подходы к исследованию задач нелинейного и непараметрического регрессионного анализа, изучены новые классы оценок и их асимптотические свойства, связь теории стохастической оптимизации и оценивания [63].

В 1950–1960 гг. возникла необходимость в решении на ЭВМ сложных научно-технических задач, не поддающихся решению традиционными приемами. Для их решения начали использоваться различные резервы оптимизации вычислений, что привело к созданию нового научного направления — теории оптимизации вычислений, одним из создателей которого был В.С. Михалевич.

Развитие теоретических и практических аспектов проблемы оптимизации вычислений было предметом обсуждения на всех 25 научных симпозиумах, конференциях, школах-семинарах под названием «Вопросы оптимизации вычислений», проведенных с 1969 по 1994 г. Бессменным научным руководителем этих мероприятий был В.С. Михалевич. Более подробная информация о полученных научных результатах, а также перспективе данного научного направления изложена в [64].

В.С. Михалевич в ряде работ развил современные представления об информатике и её взаимодействии со смежными науками — кибернетикой, математикой, экономикой и др. Им были

исследованы направления формирования информатики как комплексной научной дисциплины, изучающей все аспекты разработки, проектирования, создания и функционирования сложных систем, их применения в различных областях социальной практики, способы формализации информации для компьютерной обработки и развития информационной культуры общества [65].

С начала 80-х годов стали появляться научные коллективы, развивающие теоретико-методологическую базу информатизации общества и разрабатывающие на этой основе комплексные программы информатизации. В 1993 г. В.С. Михалевич выступил инициатором разработки документов — «Концепция государственной политики информатизации» и «Основные направления информатизации Украины», ставящих задачи по переориентированию информатизации на нужды проведения рыночных экономических реформ. В ходе подготовки этих документов широкий отклик получила развитая им концепция о необходимости государственного подхода к решению проблемы информатизации Украины, были предприняты конкретные меры по разработке соответствующих правительственных постановлений [66]. Сформулированная в этих документах основная идея информатизации Украины отвечает главным стратегическим целям государства — ускорению реформ и преодолению кризисных явлений в экономике и других сферах. Владимир Сергеевич считал, что в этой связи общество должно как можно быстрее овладеть современной информационной культурой, средствами и инструментарием информатики и системного анализа. Эти положения придали новый импульс развитию отечественной кибернетики, информатики и подходов к изучению информационных потребностей общества, а также формированию организационных механизмов по выработке и реализации государствен-

ной научно-технической политики информатизации.

В начале 90-х годов под руководством В.С. Михалевича проводились научные исследования по применению вычислительной техники и современных информационных технологий для поддержки принятия экономических решений на государственном уровне. В рамках разработки математических моделей процессов, происходящих в переходной экономике, были построены и исследованы балансовые модели принципиально нового типа, в которых учтена органически присущая переходной экономике нестабильность системы цен, сопровождаемая такими негативными процессами в области финансов, как инфляция, рост неплатежей, денежный дефицит. Такой подход позволил учесть особенности переходного периода: наличие рыночных и нерыночных способов распределения произведенной продукции, одновременное действие различных механизмов ценообразования, наличие различных форм собственности.

Поскольку речь шла об анализе быстропротекающих нестационарных процессов, рассматривались динамические модели в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений, которые, как правило, не могут быть решены аналитическими методами. Однако сочетание методов качественного анализа, декомпозиции, определённых аналитических преобразований и численных экспериментов позволило сделать ряд выводов о свойствах решений таких систем и соотнести их с реальными процессами, происходящими в переходной экономике.

На основе проведенных исследований в работе [67] были проанализированы инфляционные ситуации, получившие название «инфляционный кризис спроса» и «структурный инфляционный кризис». Были выявлены причины таких ситуаций и показано, что замораживание заработной платы, обычно ре-

комендуемое в качестве основы антиинфляционной политики, оказывается эффективным в ситуациях первого типа, но усугубляет негативный эффект второго типа инфляции. В работе [68] исследования были продолжены в направлении изучения влияния на цены монетарной и бюджетной политики государства. На основе анализа предложенных моделей показано существование оптимальной массы денег в обращении, не создающих дополнительных инфляционных эффектов и одновременно обеспечивающих наибольшую фактическую (т.е. отнесенную на изменение цен) массу денег. Были рассчитаны таблицы, позволяющие определять такую массу денег в зависимости от базового уровня цен и совокупности внешних инфляционных факторов, а также прогнозировать инфляционное воздействие денежных эмиссий.

Наряду с проведением работ по теории и практике информатизации под руководством В.С. Михалевича развивались идеи, связанные с автоматизацией управления и экономико-математическим моделированием на транспорте. Исследования и практические разработки, объединенные в рамках Совета по проблемам транспорта, были обобщены, теоретически обоснованы и реализованы в виде конкретных информационных технологий для применения в управлении морским, речным, железнодорожным, промышленным и другими видами транспорта. Теоретические и практические результаты работ в этом направлении были представлены, в частности, в монографиях [69, 70].

Еще одной областью научных интересов В.С. Михалевича была проблема экологии и охраны окружающей среды, а также проблема взаимодействия биосистем (в частности, организма человека) с окружающей средой. Сложность решения задач данного направления заключается в неполной математической формализации механизма взаимодей-

ствия физико-химических и механических процессов, в недостаточной изученности этого механизма, а также в неполной достоверности соответствующих параметров. Значительно усложняют расчеты большое число уравнений, описывающих рассматриваемые явления, широкий диапазон значений параметров сред, стохастический характер исходных данных и параметров изучаемых нелинейных и нестационарных процессов и другие факторы.

В ряде работ В.С. Михалевичем и его учениками В.М. Яненко и К.Л. Атоевым было проведено качественное и численное исследование задач динамики и оптимального управления иммунным ответом на разных уровнях регуляции биосистем: от субклеточного до организменного. Были разработаны элементы минимаксной теории оптимального управления иммунным ответом, максимизирующего интенсивность процессов, связанных с активизацией защитных функций организма, и минимизирующего интенсивность процессов, ведущих к иммунодепрессии.

Была разработана математическая модель, позволившая исследовать иммуномодулирующую роль энергетического метаболизма [71]. Применение минимаксной стратегии взаимодействия развивающихся систем позволило получить достаточные условия оптимальности для задач типа максимального лидерства и стабилизации, а также минимизации расхода энергии в клетке. Был проведен системный анализ регуляции запасных функций организма, позволивший теоретически обосновать тезис о том, что мерой резервных возможностей иммунной системы выступает сбалансированность различных ее звеньев, а не уровень отдельных параметров.

Построенные модели и правила определения резервных возможностей организма являются эффективным инструментом, позволяющим существенно повысить достоверность распознавания

функционального состояния организма и оптимизировать лечебный процесс, а также исследовать эффект вводимых доз иммуномодуляторов в зависимости от уровня метаболических факторов. Применение методов теории катастроф и теории бифуркаций позволило определить бифуркационные значения параметров модели, при которых резко увеличивается риск необратимых изменений в иммунной системе.

По инициативе В.С. Михалевича в отделе моделирования информационно-функциональных систем, руководимом Ю.Н. Онопчуком, были проведены работы по изучению процессов регуляции основных функциональных систем живого организма — системы дыхания и кровообращения, иммунной системы.

В работе [72] предложен новый метод оценки риска экологических и техногенных катастроф, прогнозирования их последствий и управления безопасностью, позволивший определить критические границы, при достижении которых в системе начинаются необратимые изменения, выбрать оптимальные пути выхода из кризисных ситуаций. Иерархическая модель оценки риска включает экологический, иммунологический и метаболический блоки. В основе разработанной информационной технологии лежит оценка состояния экосистемы с помощью вектора состояния, компоненты которого характеризуют рекреационные возможности, напряжённость регуляторных механизмов и резервные возможности экосистемы.

Данная информационная технология включает алгоритмизацию исследуемых процессов, создание базы данных, а также банка математических моделей для оценки риска возникновения экологических катастроф и прогнозирования их последствий. Она была использована в целях прогноза динамики роста уровня загрязнения окружающей среды, риска экологических и техногенных катастроф. Та же технология

позволяет получать решения различных оптимизационных задач для наиболее эффективного перераспределения средств между мероприятиями, связанными с дезактивацией территорий, восстановлением ресурсов, минимизацией уровня загрязнений и максимизацией материального уровня жизни населения.

Оригинальная научная работа, являющаяся ярким примером разносторонности В.С. Михалевича, выполненная совместно с В.М. Кунцевичем [73], посвящена чрезвычайно актуальной в конце 80-х годов проблеме поиска причин непрекращающейся в то время гонки вооружений (в первую очередь ядерных) двумя супердержавами. Использование методов общей теории управления и системного анализа позволило провести качественный анализ этого явления и выработать конкретные рекомендации по этому вопросу.

В отделе академика И.В. Сергиенко в тесном контакте с отделом В.С. Михалевича были проведены исследования в области дискретной оптимизации, решения дискретно-непрерывных задач. Кроме создания приближенных локальных алгоритмов типа вектора спада, изучались вопросы устойчивости решений, общие проблемы глобальной оптимизации, последовательного поиска, многокритериальной оптимизации, вопросы асимптотической сложности простых приближенных алгоритмов решения экстремальных задач на графах (совместно с В.А. Перепелицей), задачи на перестановках (совместно с белорусскими математиками В.А. Емеличевым, В.С. Танаевым и др.). Эти исследования сопровождались большими вычислительными экспериментами, созданием пакетов прикладных программ.

При активном участии отделов В.С. Михалевича и И.В. Сергиенко в Институте кибернетики разработан ряд пакетов прикладных программ (ППП): ДИСПРО — пакет для решения различных типов задач дискретного програм-



мирования [74]; ПЛАНЕР — пакет для решения специальных классов задач планирования производства, распределения и транспортировки продукции, а также задач размещения-реконструкции производства и синтеза транспортных сетей определенных классов [75]; ПТП — пакет для решения оптимизационных задач по транспортным перевозкам: сетевых транспортных задач, транспортно-производственных задач и транспортных задач в матричной постановке [76]; СТАРТ — пакет для решения недифференцируемых задач нелинейного программирования, задач стохастического программирования с произвольным распределением случайных величин, задач линейного программирования с частично-блочной структурой матрицы ограничений [77]; ДИСНЕЛ — пакет для решения полностью и частично целочисленных задач линейного программирования, задач размещения и синтеза сетей, экстремальных задач на множествах и графах, задач нелинейного программирования общего и специального вида [78].

Наиболее развитые из перечисленных ППП обладают следующими особенностями: автоматический выбор метода решения; возможность их расширения, наличие инструментальных средств для подключения новых прикладных модулей; автоматизация процедуры проведения вычислительного эксперимента; наличие развитой системы диагностики ошибочных ситуаций, подсказок и меню.

В 1982 г. В.С. Михалевич как директор Института кибернетики возглавил работы по созданию макроконвейерной ЭВМ в качестве научного руководителя проекта. В научно-организационном плане требовалось решить ряд сложных проблем, прежде всего обеспечить финансовую и организационную поддержку проекта со стороны правительства, министерств и ведомств. В те годы шла жесткая конкурентная борьба между различными направлениями в области

высокопроизводительных ЭВМ. Основные средства вкладывались в проект векторно-конвейерной ЭВМ «Электроника СБИС», разрабатываемый Министерством электронной промышленности, и в проект четырехпроцессорной суперЭВМ «Эльбрус» (Минрадиопром). Другим оригинальным отечественным проектам не уделялось достаточного внимания.

Еще одна проблема состояла в том, чтобы подготовить будущих пользователей макроконвейерной ЭВМ. Эта задача также была непростой, поскольку программирование для макроконвейера требовало нового взгляда на методологию и технологию разработки прикладных систем. Необходимо было провести серию учебных мероприятий, убедить руководителей предприятий в необходимости вложения средств в освоение новых технологий, организовать совместную работу по анализу и подготовке пользовательских задач. Все эти и ряд других организационных проблем были успешно решены В.С. Михалевичем, несмотря на то, что работа по макроконвейеру финансировалась значительно скромнее, чем другие работы по суперкомпьютерам.

Для разработки и реализации проекта макроконвейерной ЭВМ в Институте кибернетики был собран коллектив специалистов с большим опытом прикладных работ в различных областях вычислительной техники и ее применений. Помимо инженеров и специалистов в области системного и прикладного матобеспечения, в него вошли и представители различных областей использования вычислительной техники, в которых возникла потребность в высокопроизводительных ЭВМ. Одна из таких областей — оптимизационные задачи большой размерности. Они возникают в планировании и управлении сложными экономическими и производственными системами, при исследовании операций, автоматизации проектирования сложных хозяйственных и тех-

нических объектов. Киевская школа оптимизации, как уже отмечалось, накопила большой опыт в решении такого рода задач, и Владимир Сергеевич возглавил исследования по разработке новых методов и алгоритмов для решения оптимизационных задач большой размерности на новой технической базе.

Результатом успешной научной и организаторской деятельности В.С. Михалевича стали создание и выпуск малыми сериями в 1978–1987 гг. высокоэффективных макроконвейерных комплексов ЭВМ, не имевших в то время аналогов в СССР и за рубежом: ЕС-2701 и ЕС-1766 с максимальным числом процессоров 256 и максимальной производительностью 500 операций в секунду.

В 1993 г. за цикл работ «Математические методы и программные средства для распараллеливания и решения задач на распределенных многопроцессорных ЭВМ» коллектив авторов во главе с В.С. Михалевичем (И.В. Сергиенко, Н.З. Шор, А.А. Летичевский, Ю.В. Капитонова, И.М. Молчанов, В.А. Трубин, В.П. Клименко) был удостоен Государственной премии Украины. В цикл вошли монографии и статьи, охватившие широкий круг научных проблем создания системного и прикладного программного обеспечения распределенных многопроцессорных ЭВМ, методы и алгоритмы решения разнообразных классов задач с использованием возможностей эффек-

тивного распараллеливания процессов их решения [32, 79–83].

Исследования по разработке методов и средств распределенных вычислений продолжались в Институте кибернетики и в последующие годы, их вели, главным образом, представители научной школы В.С. Михалевича [84, 85]. Разработанный институтом новый проект распределенной многопроцессорной ЭВМ предусматривает использование современной элементной базы и повышение уровня машинного интеллекта за счет применения интеллектуальных пакетов прикладных программ и новых методов решения задач на математических моделях предметных областей.

Заслуги В.С. Михалевича перед наукой были отмечены многими премиями и правительственными наградами. Он — заслуженный деятель науки и техники Украины (1990), лауреат Государственной премии СССР (1981) и Государственных премий УССР (1973 и 1993), премии Совета Министров СССР (1983), премий им. Н.М. Крылова (1971) и им. В.М. Глушкова (1984) НАН Украины. В ознаменование заслуг В.С. Михалевича Президиум НАН Украины утвердил премию его имени. Первая премия была вручена его ученикам: академикам Ю.М. Ермольеву, И.Н. Коваленко и Н.З. Шору [2, с. 119].

Заметим, что ряд учеников В.С. Михалевича, в частности академики Б.Н. Пшеничный и И.В. Сергиенко, создали свои собственные научные школы.

1. *Особова справа академіка Михалевича Володимира Сергійовича.*— Науковий архів Президії НАН України, ф. 251.

2. *В.С. Михалевич та його школа з теорії оптимальних рішень* // Сергиенко І.В. Інформатика та комп'ютерні технології.— К.: Наук. думка, 2004.— С. 79–119.

3. *Михалевич В.С.* Байесовские решения и оптимальные методы приемочного статистического контроля // Укр. мат. журн. — 1956.— Т. 7, №4.— С. 454–459.

4. *Михалевич В.С.* Последовательные байесовские решения и оптимальные методы приемочного контроля // Теория вероятностей и ее применение.— 1956.— Т. 1, №4.— С. 395–421.

5. *Михалевич В.С.* Байесовський вибір між двома гіпотезами про середнє значення нормального процесу // Вісн. Київ. ун-ту.— 1958.— Т. 1, №1.— С. 101–104.

6. *Ширяев А.Н.* Последовательный анализ и управляемые случайные процессы (дискретное время) // Кибернетика.— 1965.— №3.— С. 1–24.

7. Михалевич В.С. Последовательные алгоритмы оптимизации и их применение. Об одной схеме последовательного поиска // Кибернетика.— 1965.— №1.— С. 45—55.
8. Михалевич В.С., Шор Н.З. Метод последовательного анализа вариантов при решении вариационных задач управления, планирования и проектирования // IV Всесоюз. мат. съезд. Тез. докл.— Л., 1961.— С. 91.
9. Михалевич В.С., Шор Н.З. Численные решения многовариантных задач по методу последовательного анализа вариантов // Науч.-метод. материалы экон.-мат. семинара.— М., 1962.— Вып. 1.— С. 15—42. — (Ротапр. / АН СССР. ЛЭМИ).
10. Применение ЭЦВМ при проектировании железных дорог / В.М. Глушков. В.С. Михалевич, А.Н. Сибирко и др. // Тр. ЦНИИС и ИК АН УССР.— М., 1964.— Вып. 51.— 93 с.
11. Михалевич В.С., Шор Н.З. Математические основы решения задач выбора оптимального очертания продольного профиля // Тр. ВНИИ трансп. строит.— М., 1964.— С. 22—28.
12. Михалевич В.С., Шор Н.З., Бидулина Л.М. Математические методы выбора оптимального варианта сложного магистрального газопровода при стационарном режиме течения газа // Экономическая кибернетика и исследование операций. — Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1967.— С. 57—59.
13. Визначення характеристик транспортної сітки за методом послідовного аналізу варіантів / О.О. Бакаев, С.В. Брановицька, В.С. Михалевич, Н.З. Шор // Доп. АН УРСР.— 1962.— С. 472—474.
14. Михалевич В.С., Шкурба В.В. Последовательные схемы оптимизации в задачах упорядочения выполнения работ // Кибернетика. — 1966.— № 2.— С. 34—40.
15. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем.— М.: Наука, 1982.— 286 с.
16. Последовательный подход к решению смешанных задач линейного программирования / В.С. Михалевич, В.Л. Волкович. А.Ф. Волошин, С.О. Машенко // Кибернетика.— Т. 11, №1.— С. 34—40.
17. Михалевич В.С. Последовательные алгоритмы оптимизации и их применение // Там же.— 1965.— №2 — С. 85—89.
18. Вычислительные методы выбора оптимальных проектных решений / Под ред. В.С. Михалевича.— Киев: Наук. думка, 1977.— 178 с.
19. Первая Всесоюзная конференция по математическим вопросам сетевого планирования и управления: Тез. докл.— Киев: АН УССР, 1967.— 249 с.
20. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний.— М.: Наука, 1975.— 255 с.
21. Задачи календарного планирования и методы их решения / В.В. Шкурба, Е.П. Подчасова, Ф.Н. Пшичук, Л.И. Тур.— Киев: Наук. думка, 1966.— 155 с.
22. Планирование дискретного производства в условиях АСУ / В.В. Шкурба, В.В. Болдырева, А.Ф. Вьюн и др.— Киев: Техніка, 1975.— 296 с.
23. Планирование производства в условиях АСУ / К.Ф. Ефетова, Т.П. Подчасова, В.М. Португал, В.Е. Тринчук.— Киев: Техніка. 1984.— 134 с.
24. Эвристические методы календарного планирования / Т.П. Подчасова, В.М. Португал, В.А. Татаров, В.В. Шкурба.— Киев: Техніка, 1980.— 140 с.
25. Подчасова Т.П., Лагода А.П. Рудницкий В.Ф. Управление в иерархических производственных структурах. — Киев: Наук. думка, 1989.— 183 с.
26. Сергієнко І.В. До питання про абстрактну постановку однієї задачі // Доп. АН УРСР.— 1965.— №2.— С. 177—179.
27. Сергієнко І.В. Про один метод відшукування екстремальних розв'язків в одному класі задач // Доп. АН УРСР.— 1965.— № 3.— С. 296—299.
28. Сергієнко І.В. О методе решения одной специальной задачи теории расписаний // Алгоритмические языки и автоматизация программирования. — Киев: Наук. думка, 1965.— С. 54—62.
29. Михалевич В.С., Кукса А.И. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов.— М.: Наука, 1983.— 208 с.
30. Шор Н.З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения.— Киев: Наук. думка, 1979.— 200 с.
31. Шор Н.З. Применение метода градиентного спуска для решения сетевой транспортной задачи // Материалы науч. семинара по теорет. и прикл. вопр. кибернетики и исслед. операций.— Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1962.— Вып. 1.— С. 9—17.
32. Михалевич В.С., Трубин В.А., Шор Н.З. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования.— М.: Наука, 1986.— 246 с.
33. Ермолев Ю.М. Методы решения нелинейных экстремальных задач // Кибернетика.— 1966.— №4.— С. 1—17.
34. Пишечный Б.Н. Необходимые условия экстремума.— 2-е изд.— М.: Наука, 1982.— 144 с.
35. Пишечный Б.Н., Данилин Ю.М. Численные методы в экстремальных задачах.— М.: Наука, 1975.— 319 с.
36. Mathematical Programming, Study 3. Nondifferentiable optimization / Ed. by M.L. Balinski and Ph. Wolfe.— Amsterdam: North-Holland Publ. Co, 1975.— 178 p.

37. Шор Н.З. Использование операций растяжения пространства в задачах минимизации выпуклых функций // Кибернетика.— 1970.— №1.— С. 6—12.
38. Шор Н.З., Журбенко Н.Г. Метод минимизации, использующий операцию растяжения пространства в направлении разности двух последовательных градиентов // Там же.— 1971.— №3.— С. 51—59.
39. Шор Н.З., Шабашова Л.П. О решении минимаксных задач методом обобщенного градиентного спуска с растяжением пространства // Там же.— 1972.— №1.— С. 82—88.
40. Шор Н.З. Метод отсечений с растяжением пространства для решения задач выпуклого программирования // Кибернетика.— 1977.— №1.— С. 94—95.
41. Хачиян Л.Г. Полиномиальные алгоритмы в линейном программировании // Докл. АН УССР.— 1979.— Т. 244, №5.— С. 1093—1096.
42. Гершович В.И. О скорости сходимости алгоритмов эллипсоидов минимизации выпуклых функций // Программное обеспечение экстремальных задач и пакеты прикладных программ.— Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1982.— С. 37—42.
43. Математические модели программного планирования развития гражданской авиационной техники / В.С. Михалевич, Р.В. Сакач, О.Н. Титков, Г.Н. Юн.— Киев, 1976.— 22 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики; 76-35).
44. Шор Н.З., Стеценко С.И. Квадратичные экстремальные задачи и недифференцируемая оптимизация.— Киев: Наук. думка, 1989.— 204 с.
45. Шор Н.З., Соломон Д.И. Декомпозиционные методы в дробно-линейном программировании.— Кишинев: Штиинца, 1989.— 204 с.
46. Шор Н.З. Об одном подходе к получению глобальных экстремумов в полиномиальных задачах математического программирования // Кибернетика.— 1987.— № 5.— С. 102—106.
47. Шор Н.З. Об одном классе оценок глобального минимума полиномиальных функций // Там же.— 1987.— № 6.— С. 9—11.
48. Shor N.Z. Nondifferentiable Optimization and Polynomial Problems.— Boston; Dordrecht; London: Kluwer Acad. Publ., 1998.— 412 p.
49. Трубин В.А. Метод динамической декомпозиции для задач линейного программирования с обобщенными верхними границами // Кибернетика.— 1986.— №4.— С. 49—53.
50. Пшеничный Б.Н. Метод линеаризации.— М.: Наука, 1983.— 136 с.
51. Пшеничный Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи.— М.: Наука, 1980.— 320 с.
52. Пшеничный Б.Н., Остапенко В.В. Дифференциальные игры.— Киев: Наук. думка, 1992.— 260 с.
53. Чикрий А.А. Конфликтно управляемые процессы.— Киев: Наук. думка, 1992.— 385 с.
54. Жуковский В.Н., Чикрий А.А. Линейно-квадратичные дифференциальные игры.— Киев: Наук. думка, 1994.— 325 с.
55. Гупал А.М. Стохастические методы негладкой оптимизации.— Киев: Наук. думка, 1979.— 150 с.
56. Михалевич В.С., Гупал А.М., Норкин В.И. Методы невыпуклой оптимизации.— М.: Наука, 1987.— 280 с.
57. Ермольев Ю.М., Некрылова З.В. Метод стохастических субградиентов и их приложения // Теория оптимальных решений.— Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1967.— Вып. 1.— С. 24—47.
58. Ермольев Ю.М., Шор Н.З. Метод случайного поиска для двухэтапных стохастических задач и его обобщения // Кибернетика.— 1968.— № 1.— С. 90—92.
59. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования.— М.: Наука, 1976.— 240 с.
60. Ермольев Ю.М., Михалевич В.С. Об исследованиях в области риска. — Киев, 1991.— 10 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 91—19).
61. Михалевич В.С., Кнопов П.С., Голодников А.Н. Математические модели и методы оценки риска на экологически опасных производствах // Кибернетика и системный анализ.— 1994.— №2.— С. 121—139.
62. Касицкая Е.И., Кнопов П.С. Асимптотическое поведение эмпирических оценок в задачах стохастического программирования // Докл. АН СССР.— Т. 315, №2.— С. 279—281.
63. Кнопов П.С. Оптимальные оценки параметров стохастических систем.— Киев: Наук. думка, 1991.— 152 с.
64. К вопросу оптимизации вычислений / В.С.Михалевич, И.В.Сергиенко, В.К.Зади-рака, М.Д.Бабич // Кибернетика.— 1994.— №2.— С. 65—94.
65. Михалевич В.С., Каньгин Ю.М., Гриценко В.И. Информатика. Общие положения.— Киев, 1983.— 45 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 83-31).
66. Некоторые подходы к разработке концепции информатизации общества / В.С. Михалевич, В.И. Скурихин, Ю.М. Каньгин, В.И. Гриценко.— Киев, 1988.— 20 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 88—66).
67. Михалевич В.С., Михалевич М.В., Подолев И.В. Моделирование некоторых процессов в экономике Украины.— Киев, 1993.— 19 с.— (Препр. / НАН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 93-46).

68. Михалевич В.С., Михалевич М.В., Подолев И.В. Моделирование отдельных механизмов государственного влияния на цены в переходной экономике.— Киев, 1994.— 20 с.— (Препр. / НАН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова).
69. Информационная технология на транспорте. Железнодорожный транспорт / В.С. Михалевич, А.А. Бакаев, В.И. Гриценко и др. / Под ред. В.С. Михалевича.— Киев: Наук. думка, 1991.— 204 с.
70. Бакаев А.А., Гриценко В.И., Ревенко В.Л. Информационная технология на транспорте. Водный транспорт / Под ред. В.С. Михалевича.— Киев: Наук. думка, 1992.— 280 с.
71. *Mikhalevich V.S., Janenko V.M., Atoev K.L.* System Analysis of Organism's Defensive Functions Regulation (MODFR) // Selected Topics on Mathematical Models in Immunology and Medicine: Proc. Intern. Workshop (Kiev, 28 Aug.— 7 Sept. 1989).— Luxemburg: PIASA, 1990.— P. 137—146.
72. Михалевич В.С., Яненко В.М., Атоев К.Л. Информационная система для оценки риска экологических катастроф // Моделирование функционального состояния организма и управление им.— Киев, Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова, 1993.— С. 52—74.
73. Михалевич В.С., Кунцевич В.М. Об одном подходе к исследованию процессов управления уровнями вооружений.— Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1989.— 26 с.
74. Пакет прикладных программ ДИСПРО, предназначенный для решения задач дискретного программирования / В.С. Михалевич, И.В. Сергиенко, Т.Т. Лебедева и др. // Кибернетика.— 1981.— №3.— С. 117—137.
75. Пакет прикладных программ для решения задач производственно-транспортного планирования большой размерности (ПЛАНЕР) / В.С. Михалевич, И.В. Сергиенко, В.А. Трубин и др. // Кибернетика.— 1983.— №3.— С. 57—71, 79.
76. Пакет программ для решения транспортных задач. Решаемые задачи, возможности и входной язык / В.С. Михалевич, А.А. Бакаев, Ю.М. Ермольев и др.— Киев, 1981.— 26 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т кибернетики; 81-40).
77. Описание пакета программ недифференцируемой и стохастической оптимизации / В.С. Михалевич, Ю.М. Ермольев, В.Т. Лоскутов и др. // Исследование операций и АСУ.— Киев: Вища шк., 1986.— Вып. 27.— С. 1—19.
78. Пакет прикладных программ для решения задач дискретной и нелинейной оптимизации (Пакет ДИСНЕЛ) / В.С. Михалевич, И.В. Сергиенко, Н.З. Шор и др. // Кибернетика.— 1991.— №3.— С. 36—45.
79. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации.— Киев: Наук. думка, 1988.— 471 с.
80. Численные методы для многопроцессорного комплекса ЕС.— М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1986.— 402 с.
81. Системное математическое обеспечение многопроцессорного вычислительного комплекса ЕС.— М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1986.— 390 с.
82. Молчанов И.Н. Введение в алгоритмы параллельных вычислений.— Киев: Наук. думка. 1990.— 128 с.
83. Капитонова Ю.В., Лещевский А.А. Математическая теория проектирования вычислительных систем.— М.: Наука, 1988.— 296 с.
84. Михалевич В.С., Молчанов И.Н. Проблемы развития параллельных компьютеров.— Киев, 1994.— 13 с.— (Препр. / НАН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 94-22).
85. Капитонова Ю.В. Фундаментальные идеи и эволюция вычислительных систем // Кибернетика и системный анализ.— 1995.— № 2.— С. 75—83.

**Получено 20.10.2007**

*А.М. Глебова*

### **Наукова школа В.С. Михалевича**

*Описано наукову, педагогічну та організаційну діяльність академіка НАН України та РАН В.М. Михалевича (1930—1994). Аналізуються праці самого вченого, співробітників очолюваного ним відділу економічної кібернетики Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, членів створеної ним наукової школи.*