

локон с высоким комплексом физико-механических свойств. Основные направления работ по внедрению разработанных материалов сосредоточены в областях: фильтрации газов, полимеров, различных агрессивных жидкостей; разработке огнепреграждающих элементов газовой аппаратуры; материалов для имплантации; исследований по разработке коронарных стенов для эндоскопической терапии ишемической болезни сердца.

**Деятельность лаборатории фильтрующих материалов** (заведующий – к.т.н. Кусин Р.А.) связана с разработкой научных основ оптимизации структуры и свойств порошковых фильтрующих материалов (ФМ): разработкой научных основ создания эффективных порошковых ФМ с переменным порораспределением, исследованием и разработкой процессов их получения, оборудования и устройств с использованием ФМ на основе металлических порошков и других материалов.

В активе лаборатории:

– модель порошкового ФМ, позволяющая связать параметры структуры (расстояние между центрами частиц, углы их укладки, размеры пор, коэффициенты проницаемости, тонкость фильтрации, грязеемкость, ресурс работы);

– технология получения ФМ в виде пластин (из порошков бронзы) с использованием в качестве оснастки необработанных листов коррозионно-стойкой стали; длиномерных трубчатых фильтроэлементов (из порошков бронзы); титановых (порошок марки ПТХ) и никелевых (порошок марки ПНЭ) фильтроэлементов с использованием пресс-автоматов; фильтроэлементов (из порошков бронзы) путем прессования; двухслойных фильтроэлементов из порошков никеля, титана, коррозионно-стойкой стали, бронзы;

– разработаны конструкции фильтрующих патронов на базе чечевицеобразных элементов; шелевого фильтра, длиномерных и крупногабаритных фильтроэлементов, фильтров для очистки и стерилизации воздуха, пара, конденсата, аммиачной и питьевой воды, технологической воды.

Разработанные изделия из ФМ нашли широкое применение на многих предприятиях республики, стран СНГ и ближнего зарубежья для очистки воздуха и агрессивных газов, технических масел, воды, фильтрации и гомогенизации расплавов полимеров, глушения шума, охлаждения синтетических нитей, озонирования воды, замасливания нитей, укупорки пробирок, огнепреграждения.

## ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ



*В.С. ИВАШКО,  
зав. отделением защитных покрытий*

ла либо теряются безвозвратно в виде продуктов коррозии и износа, либо обращаются в металлолом. Потери рабочего времени из-за поломок оборудования составляют около 80% общего времени простоев. Эксплуатационные расходы приближаются к стоимости самого оборудования.

В связи с вышесказанным технически и экономически целесообразно реализовать комплексный подход к выбору материалов. Механическая прочность детали гарантируется за счет применения одного материала, а сопротивление воздействию внешних факторов (коррозии, износу и др.) обеспечивается локальным формированием

Защита деталей машин и металлоконструкций от коррозии и износа, повышение долговечности машин и механизмов относятся к числу важнейших интернациональных проблем. Около 30% ежегодной выплавки метал-

## Поздравляем ветеранов

**Тамара Васильевна ИЗМАЙЛОВА**



Родилась в 1922 году, москвичка.

В 15 лет, после окончания 8 классов, поступила ученицей на ватнообтироч-

ную фабрику им. Сакко и Ванцетти. Работала на разных предприятиях г. Москвы. С начала Великой Отечественной войны, работая на Московском автомобильном заводе, участвовала в организованных оборонительных мероприятиях в г. Москве. В 1942 г. Таганский РВК по ее заявлению призвал на службу в Красную Армию и направил в действующую армию. Она служила в политуправлении Юго-Западного фронта, а затем в штабе 9-ой отдельной истребительной противотанковой артиллерийской бригады Юго-Западного и Третьего Украинского фронтов. Ей присвоено воинское звание – лейтенант. Награждена орденом Отечественной войны II степени, медалями «За боевые заслуги», «За победу над Германией» и др.

С 1961 г. работала в физико-техническом институте АН БССР старшим инженером по кадрам и спецработе, заведующей канцелярии и на других должностях.

В настоящее время участвует в работе ветеранской организации института. Неоднократно поощрялась за добросовестный труд. Награждена Почетной Грамотой Республиканского совета ветеранов за участие в военно-патриотическом воспитании молодежи.

на ее поверхности тонких слоев со специальными функциональными свойствами. При этом возможно создание изделий с уникальным сочетанием свойств, недостижимым при использовании традиционных конструкционных материалов, например, износостойкость, жаропрочность и жаростойкость, аморфное состояние поверхности.

В 1979 году на базе лаборатории износостойких покрытий был создан отдел защитных покрытий. Отдел включал группы плазменного и газопламенного напыления, которые затем переросли в соответствующие лаборатории.

Большой вклад в развитие отдела и разработку теории технологических процессов формирования защитных слоев методами газотермического напыления внесли Роман О.В., Витязь П.А., Дорошкевич Е.А., Куприянов И.Л., Ивашко В.С., Ильющенко А.Ф., Голиков В.С., Манойло Е.Д., Волосенков, Буров И.С., Верстак А.А., Голубев В.В., Соболевский С.Б., Беляев А.В., Шевцов А.И., Ходосевич В.Г., Бабаевский А.Н., Рывтинский А.Н., Архипов В.В. и др.

Белорусской школой ученых достигнуты определенные успехи в области развития теории процессов формирования газотермических процессов, которые получили всемирное признание, в том числе среди ведущих научных школ Западной Европы и Северной Америки. В рамках международных проектов EWISCO, INTAS, COPERNICUS проводится широкий спектр исследований по разработке теоретических и технологических аспектов процессов нанесения защитных газотермических покрытий. Впервые разработаны физико-математические модели движения и нагрева распыляемых частиц, модели формирования покрытия в условиях рабочих сред заданного состава и давления, адекватно отражающие реальные процессы напыления. Они позволили установить взаимосвязь между параметрами напыления и свойствами сформированного слоя. Это в свою очередь позволило опреде-

лить основные направления повышения эффективности формирования покрытий. Под руководством д.т.н., профессора Дорошкевича Е.А. в НИИ ПМ с ОП в 1987-1992 г.г. в рамках международного проекта с фирмой "Spectro" Германия был разработан уникальный диагностический комплекс процессов газотермического напыления, позволяющий оценивать температурно-скоростные параметры распыляемых материалов и осуществлять обратную связь и управление параметрами процессов напыления. Эти работы легли в основу в дальнейшем проводимых совместных исследований с концерном "Sulzer-Metco" Швейцария, который является производителем самого современного в мире оборудования для плазменного напыления.

В отделении "Защитные покрытия" НИИ ПМ с ОП создан комплект аппаратуры для газопламенного напыления и наплавки порошковых материалов, внедренный на многих предприятиях.

Только в ремонтных подразделениях Минлегла БССР создано более 10 специализированных

других деталей узлов трения машин и механизмов. Для восстановления изношенных кулачков распределительных валов и клапанов ДВС была создана специальная наплавочная горелка и технологии газопорошковой наплавки самофлюсующихся сплавов на основе Ni и Co.

В 1990 году создана группа электродуговой наплавки. Разработано и изготовлено оборудование электродуговой широкополосной наплавки с подачей порошкового материала в сварочную ванну на Могилевском ПО «Химволокно», в технологическом центре СИМЕ (Куба).

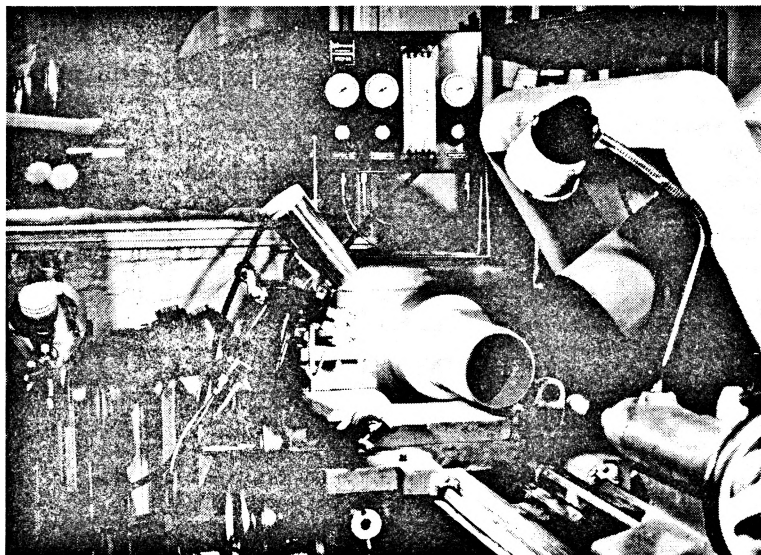
К 1995 г. был разработан специальный модуль к аппарату газопламенного напыления для нанесения антифрикционных покрытий из порошков полимеров и композиций на их основе. Создание дисперсно-упрочненных алмазоподобными включениями покрытий, позволяет защитить от износа детали узлов трения погружных насосов, технологического оборудования, транспортных

средств (например, кольца синхронизатора коробок передач автомобилей и тракторов).

В 1997-98 г. лабораторией разработаны технология и комплект оборудования для газопламенного напыления износостойких покрытий на восстанавливаемые поверхности шеек коленвалов двигателей Д-240, ЯМЗ-КаМАЗ, автомобилей ГАЗ-52 (53) многокомпонентными шнуровыми материалами серий

"Sfecord-EXO" № 30, № 35, № 40 и № 50. Созданы промышленные участки восстановления деталей ДВС на Минском ПО "Автомонтаж", Березовском мотороремонтном и Хойникском ремонтном заводах.

Возможность получения ряда уникальных физико-механических и химических свойств, таких как высокая твердость, прочность и коррозионная стойкость, вызывает большой интерес в мире к напылению покрытий из аморфных материалов. Разработанные в лаборатории технология и аппаратура для напыления раз-



участков газопламенного нанесения покрытий различного назначения

Был разработан полный комплект технологического оборудования для специализированных участков газопламенного напыления, включающий установку струйно-абразивной обработки, установку для напыления покрытий, аппараты для газопорошковой наплавки и напыления покрытий из порошковых и проволоочных материалов, обеспечивающие возможность восстановления и упрочнения валов литья, изношенных шеек распределительных и коленчатых валов ДВС и

личного типа покрытий были поставлены по контрактам с зарубежными фирмами Канады, Израиля и России.

За время работы были созданы композиционные материалы, имеющие патентную защищенность, как в области составов, так и технологий их получения.

Учитывая специфику нашей республики, а именно, отсутствие сырьевой базы для получения металлических порошков, ориентацию промышленных предприятий Белоруссии на машиностроение и ремонтные предприятия, основной упор при разработке композиционных порошковых материалов (КПМ) делался на технологические решения, опирающиеся на использование отходов и недорогих исходных порошковых материалов.

Наиболее успешны в этом направлении работы по созданию самофлюсующихся сплавов, на основе железа для наплавки на детали из чугуна и стали. Они нашли широкое применение при заделке раковин направляющих станин фрезерных и шлифовальных станков, при восстановительном ремонте деталей, работающих в условиях трения. Техническая оснащенность и исследовательская база отдела позволяла как создавать новые композиционные порошковые материалы и технологию их получения, так и проводить весь комплекс исследований физико-механических характеристик порошков. Были созданы технологии и освоено применение композиционных материалов на базе интерметаллидов и керамики, что позволило сократить закупку подобных материалов у таких крупных производителей порошков НПО «Тулачермет», Торезский завод порошковых материалов.

Дальнейшие работы в области проектирования КПМ и разработки технологий их получения, направленные на снижение трудозатратности процессов и расширение использования производственных отходов, все больше ориентировались на новые прогрессивные технологии. К таким технологиям относится самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС).

Использование технологических возможностей СВС, основанного на реализации экзотермических реакций между реагентами, позволило полностью отказаться от металлургических процессов получения КПМ.

Развитие этого метода пришлось на начало 90 годов и к 1997 г. оформилось в самостоятельное направление по проектированию КПМ и созданию технологий их получения в лаборатории «Новые материалы и технологии».

На базе разработанной концепции проектирования и изготовления КПМ в режиме технологического горения механоактивированных материалов (рис.4) сотрудниками НИИ ПМ под руководством ведущего лаборатории Беляева А.В. созданы порошковые композиции для защиты рабочих поверхностей от высокотемпературной коррозии – эрозии, абразивного износа, жаростойкие и износостойкие покрытия, материалы для восстановления геометрических размеров. Разработанные порошковые материалы адаптированы к высокоскоростному газопламенному, плазменному, детонационному, газопламенному напылению. Ведутся работы по созданию материалов для лазерной наплавки, шнуровых материалов для газопламенного напыления, полимерных и металлополимерных композиций. Основной акцент при проектировании КПМ по-прежнему делается на использование отходов шарикоподшипникового производства, металлургической окатины, топочных шлаков и т.д. Активные контакты с научными центрами и потребителями КПМ за рубежом, пристальное внимание специалистов США, ФРГ, Японии, Испании, Польши, Индии к нашим работам подтверждают их актуальность и научную новизну проводимых работ.

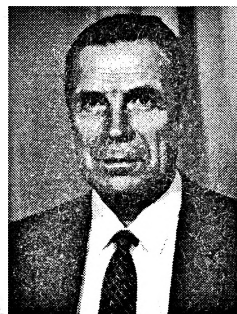
Ряд созданных материалов и технологий защищены патентами, другие проходят экспертную оценку.

Сегодня в НИИ ПМ созданы производственные мощности, позволяющие изготавливать порошковые материалы (рис.5) в режиме технологического горения с заданным комплексом физико-механических характеристик в строго оговоренном гранулометрическом диапазоне, причем, химический состав материала не зависит от размера частиц порошка и полностью воспроизводится в покрытии.

Широкие технологические возможности СВС в сочетании с методами механико-химической активации позволило создать материалы, конкурентоспособные на мировом рынке. Так в период с 1996 по 1999 гг. в НИИ ПМ изготовлено и поставлено по контрактам в страны дальнего зарубежья более пяти тонн КПМ на сотни тысяч долларов США.

## Поздравляем ветеранов

Евгений Иосифович ПЯТОСИН



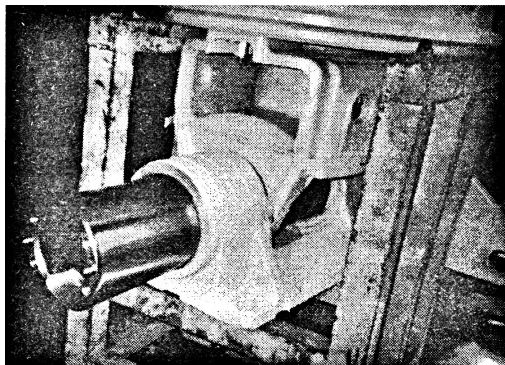
Родился в 1923 г. в г. Минске. В 1942 г. ушел в партизанский отряд им. Тимошенко, который дислоцировался в Налибокской пуще.

После освобождения Белоруссии поступил на Минский бронетанковый ремонтный завод. Пятосин работал старшим конструктором Саратовского завода зуборезных станков. С 1956 г. трудился в физико-техническом институте АН БССР на различных инженерных должностях. Здесь наиболее ярко проявился талант молодого ученого. Он стал кандидатом технических наук.

Е.И.Пятосин стал высококвалифицированным специалистом в области упрочняющей и размерночистой обработки деталей поверхностным пластическим деформированием. Е.И. Пятосину присуждена Государственная премия БССР. Он награжден медалями ВДНХ СССР, знаком «Изобретатель СССР». Комплекту инструментов, разработанных с его участием, присуждена большая Золотая медаль на Международной Лейпцигской ярмарке. За время работы в ФТИ АН БССР Е.И. Пятосин отмечен Почетными грамотами АНБ, ФТИ АНБ, многократно премирован за достижения в научной работе, внедрение передовых технологий в производство и общественную работу.

Е.И. Пятосин награжден орденом Отечественной войны II степени и 6-ю медалями, пользуется уважением среди сотрудников института. Он персональный пенсионер за особые заслуги перед республикой Беларусь. И сегодня Евгений Иосифович поддерживает постоянную связь с коллективом, в котором плодотворно работал.

Расширяются производственные связи с предприятиями Белоруссии путем создания КПМ под конкретные технологические условия и реально существующее на предприятии оборудование для нанесения защитных покрытий. Ведутся работы по расширению областей применения КПМ в качестве основы для компактных



конструкционных материалов, связки при изготовлении алмазосодержащего инструмента.

Вакуумные технологии начали применяться в объединении порошковой металлургии для упрочнения режущего инструмента и нанесения декоративных покрытий в начале восьмидесятых годов. Однако научно обоснованное и целенаправленное развитие вакуумно-плазменные процессы получили, начиная с 1983 года, когда это направление возглавил Г.Д. Карпенко. Существенный вклад в развитие этого направления внесли Андреев М.А., Лойко В.А., Горщарик И.И. и др.

Коллектив сотрудников за лучшую разработку в области защиты металлических изделий от коррозии "Внедрение технологии изготовления стальных зубных протезов с защитными коррозионностойкими декоративными покрытиями в г. Минске" и был награжден Дипломом Белорусского республиканского совета НТО.

В тесном сотрудничестве со Сморгонским заводом оптического станкостроения были созданы участки нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий во всех областных и крупных районных центрах республики.

Признанием успехов объединения в области развития вакуумных технологий явилось присуждение в 1986 г. группе ученых и специалистов республики, а в их числе и сотрудникам объединения, Государственной премии БССР в области науки и техники "За разработку и создание новых техно-

логических процессов и оборудования для нанесения тонкопленочных покрытий методом ионно-лучевой обработки и их широкое внедрение в народное хозяйство республики".

С 1987 года в отделе защитных покрытий на протяжении ряда лет под руководством Андреева М.А. развивались новые физические методы формирования вакуумных покрытий (ионно-лучевое и магнетронное распыление, ионно-лучевое и резистивное испарение). Были разработаны и получили широкое внедрение новые комбинированные методы формирования вакуумных покрытий с повышенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Широкое развитие получило международное сотрудничество между НИИ ПМ и ведущими центрами восточно-европейских стран в области вакуумных покрытий. Были созданы участки нанесения упрочняющих и защитно-декоративных покрытий в Болгарии, Венгрии, Германии, Польше, Индии.

При участии Хозяйственного объединения "Вакуумные технологии" (Болгария) была разработана, изготовлена, смонтирована и запущена в эксплуатацию на Гомельском стекловом заводе единственная в республике вакуумная линия по нанесению тонируемых покрытий на листовое архитектурное стекло размером 3 x 2 м.

В 1993 году из лаборатории вакуумных покрытий была выделена научно-производственная группа "Плазменно-вакуумные покрытия", которая по результатам успешной научной и производственной деятельности в 1998 г. была реорганизована в научно-исследовательскую лабораторию "Плазменно-вакуумные и электронно-лучевые технологии", которую возглавил Лойко В.А. основными направлениями лаборатории стали создание научных основ низкотемпературных плазменно-вакуумных и электронно-лучевых процессов нанесения покрытий различного функционального назначения: упрочняющих, износостойких, защитно-декоративных, декоративных и др. на металлы, керамику, стекло.

В лаборатории были разработаны низкотемпературные процессы нанесения из сепарированной плазмы упрочняющих покрытий для повышения износостойкости деталей общего машиностроения,

режущего инструмента и технологической оснастки и твердосмазочных покрытий для пар трения. Создано опытно-промышленное производство по нанесению декоративных оптических покрытий на изделия народного потребления из стекла, фарфора, керамики. Работы по созданию низкотемпературных технологий нанесения многослойных покрытий расширили область применения плазменно-вакуумных процессов упрочнения на режущий инструмент и оснастку из безвольфрамовых углеродистых и легированных инструментальных сталей. Разработка и внедрение многослойных композиционных материалов, содержащих слои твердых смазок, таких как алюминий-олово, а также халькогениды (сульфиды, селениды и теллуриды) позволяют существенно повысить ресурс работы узлов двигателей, в частности подшипников скольжения и качения, деталей плунжерных пар, поэтому представляют интерес для автотракторной отрасли. Защитно-декоративные покрытия на основе нитридов и карбонитридов Ti, Zr, Nb позволяют в ряде случаев заменить сплавы Au, Ag, и имеют устойчивый спрос.

Основные направления развития вакуумной техники и технологии в отделе:

Разработка физических основ взаимодействия ионов различных энергий с поверхностью твердого тела с целью создания высокоэффективных технологий ее модификаций.

Разработка специализированного оборудования и новых комбинированных процессов упрочнения поверхностей трения, сочетающих в одном технологическом цикле ионно-плазменные процессы азотирования, цементации, нитроцементации и термообработки с нанесением упрочняющего слоя покрытия в вакууме.

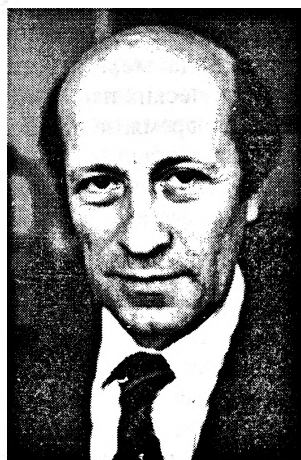
В настоящее время НИИ порошковой металлургии является ведущей научно-исследовательской организацией в Республике Беларусь в области защитных покрытий. Создано научно-техническое отделение "Защитные покрытия" в составе шести научно-исследовательских лабораторий: плазменного напыления, газоплазменного напыления, плазменно-вакуумного напыления, синтеза композиционных материалов для

напыления и перспективных технологий нанесения газотермических покрытий, имеющих опытно-экспериментальное производство, которое позволяет комплексно решать вопросы нанесения защитных покрытий для различных отраслей промышленности в Республике Беларусь и далеко за ее пределами. Отделение занимается исследованием процессов формирования покрытий, наносимых с использованием технологий газотермического распыления и методов физического осаждения, а также разработкой технологий, оборудования и материалов для процессов нанесения покрытий на поверхность деталей с целью

обеспечения заданного уровня физико-механических свойств

Сотрудниками института разработан целый ряд технологических процессов восстановления и упрочнения деталей узлов трения, конструкций и сооружений, включающих аппаратуру и технологическое оборудование для нанесения покрытий путем наплавки и напыления с внедрением их на ведущих предприятиях республики, разработан также новый класс композиционных порошковых материалов, обладающих наследственностью физико-механических характеристик в покрытиях и гомогенностью химического состава как до, так и после напыления, что обусловлено своеобразной структурой материала.

## РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ БАЗЫ



*В.А. ЧЕКАН,  
заведующий отделением  
«Исследования и испытания  
материалов», начальник  
Испытательного Центра*

номерному развитию, углублению и расширению материаловедческих исследований в порошковой металлургии нашей республики. С 1977 года по настоящее время отдел возглавляет Чекан Владимир Александрович.

В 1973 году на базе Проблемной лаборатории Белорусского политехнического института (БПИ) был организован Научно-исследовательский институт порошковой металлургии (НИИ ПМ), дирекция которого приняла решение о создании в институте отдельного специализированного подразделения, включившего в себя разрозненные материаловедческие лаборатории, участки и отдельные приборы и предназначенного для централизованного аналитического обеспечения проводимых в то время научно-исследовательских и технологических разработок. Это подразделение «Отдел физико-химических исследований» возглавил Витязь Петр Александрович, положивший начало пла-

В дальнейшем, как показала почти 30-летняя история развития этого подразделения, это решение о централизации научного потенциала и приборной базы оказалось не только единственно правильным с точки зрения его жизнеспособности, но и позволило в ряде случаев успешно решать многие материаловедческие задачи благодаря комплексному подходу изучения структуры и свойств разрабатываемых материалов, в то время как во многих других подобных научных центрах этот процесс осложнялся ведомственной разрозненностью приборов и методов исследования, особенностями их эксплуатации и обслуживания.

В том же, 1973 году, по инициативе НИИ ПМ была успешно проведена 1-я международная специа-

## Поздравляем ветеранов

*Михаил Максимович  
СЕВЕРНЕВ*



Родился в 1921 г. в деревне Северничского района Могилевской области.

С первых дней войны возглавлял

подпольную комсомольскую организацию, а затем вместе со своими братьями ушел в партизанский отряд. С 1944 г. в Советской Армии. Дошел до Кенигсберга, где встретил День Победы.

Окончил автотракторный факультет Белорусского политехнического института. Работал в области механизации сельскохозяйственного производства. Защитил кандидатскую и докторскую диссертации.

Был директором ЦНИИ МЭСХ. Коллектив института под руководством М.М. Севернева оказал существенное влияние на развитие сельского хозяйства республики.

Заметное место в деятельности М.М. Севернева заняло время его работы заместителем Председателя Совета Министров БССР.

Он лично и в соавторстве написал более 300 научных трудов. Высокий уровень технических решений, базирующихся на результатах проводимых исследований, подтверждается 32 авторскими свидетельствами на изобретения. Он — лауреат Государственной премии БССР.

Севернев избирался депутатом Верховного Совета БССР, руководил работой постоянной депутатской комиссии по сельскому хозяйству.

За заслуги перед Родиной М.М. Севернев награжден 6 боевыми и трудовыми орденами, многими медалями.