

УДК 621.314:378.001.891

С.И. Выпанасенко, Ю.Т.Разумный, В.Т.Заика

НАУЧНАЯ ШКОЛА АКАДЕМИКА НАН УКРАИНЫ ПИВНЯКА Г.Г.

Викладені основні етапи та напрями досліджень наукової школи академіка НАН України Г.Г. Півняка.

Изложены основные этапы и направления исследований научной школы академика НАН Украины Г.Г. Пивняка.

The main stages and directions of scientific school research of NAS of Ukraine academician G.G. Pivnyak are expounded.

Начальный этап формирования научной школы академика НАН Украины Пивняка Г.Г. неразрывно связан с созданием транспорта с индуктивной передачей энергии. Научно-исследовательские работы этого направления проводились в Днепропетровском горном институте с начала 70-х годов прошлого столетия. Возглавил эти работы молодой канд. техн. наук, доцент Пивняк Г.Г. За короткий период времени ему удалось создать коллектив, способный решать не только научные, но и практические задачи, связанные с внедрением и эксплуатацией системы шахтного транспорта. Это стало реальностью благодаря организаторскому таланту Пивняка Г.Г., его способностям как научного работника.

Масштабность проводимых исследований отвечала возможностям государства и обеспечивалась активной позицией советских ученых. Уместно вспомнить основные этапы создания бесконтактного транспорта. Идея реализации системы передачи энергии движущимся объектам индуктивным методом принадлежит французскому инженеру Морису

Леблану. Большой вклад в теорию и практику его создания внесли советские ученые Г.И. Бабат, В.А. Бунько, А.А. Пистолькорс, В.Е. Розенфельд, Н.А. Староскольский. Первая опытная установка бесконтактного электрического транспорта была разработана Г.И. Бабатом в 1943 году. Ток в тяговой линии был равен 90 А при частоте 90 кГц. В 1948 году в Киеве Бюро по высокочастотному транспорту министерства коммунального хозяйства УССР совместно с энергетическим институтом АН УССР создало тяговую сеть протяженностью 165 м. Ток в сети установлен равным 100-110 А при частоте 33 кГц. Для получения тока высокой частоты использовали ламповые генераторы. Работы Бюро были прекращены из-за низкого к.п.д. транспортной установки. Учитывая важность применения бесконтактного электрического транспорта в шахтах, опасных по газу и пыли, в 1948 году Московскому энергетическому институту было предложено продолжить научные исследования по этой проблеме. Работы проводились под руководством проф. В.Е. Розенфельда. Был разработан статический преобразователь трехфазного тока промышленной частоты в однофазный ток частотой 3-5 кГц мощностью 40 кВт на тиратронах, а затем на тиристорах. Однако, вследствие незавершенности исследований, его промышленное производство не было освоено. В 1950 году в разработку включился институт ДонУГИ под руководством проф. Н.А. Староскольского. Был создан опытный участок транспорта на шахте №2 Кантарная, где электровозы применялись для транспортирования угля и породы. С 1956 года работы продолжались институтом Донгипроуглемаш. На шахте №2 Кантарная были использованы машинные преобразователи, состоящие из высокочастотного генератора и приводного двигателя трехфазного тока частотой 50 Гц. Однако технические характеристики машинных преобразователей не позволили эффективно использовать их в системе бесконтактного транспорта.

Участие в научных исследованиях ученых Днепропетровского горного института характеризовалось комплексностью используемых подходов, масштабностью проводимых работ. Для передачи электрической энергии электровозу был использован принцип электромагнитной индукции. Применительно к шахтам, опасным по взрыву пыли и газа, ее реализация имела ряд существенных особенностей.

В данном случае система транспорта включает источник питания, тяговую линию, электровозы (рис.1). Однофазная тяговая линия состоит из двух изолированных кабелей, проложенных вдоль пути движения состава. В ее конце кабели закорочены. Сеть подключена к шинам тяговой подстанции переменного тока средней частоты. В верхней части электровоза установлен энергоприемник, имеющий несколько витков изолированного провода.

Переменный магнитный поток, создаваемый током кабелей тяговой линии, индуцирует в обмотке энергоприемника электродвижущую силу. Провода тяговой линии и приемного устройства образуют трансформатор, через который осуществляется питание тяговых двигателей подвижного состава.

Воздушный зазор составляет несколько сантиметров. Для улучшения электромагнитной связи используют энергоприемник с сердечником. Последний выполнен разомкнутым. Отсутствие непосредственного контакта энергоприемника с сетью является главной особенностью бесконтактного транспорта, определяющей его преимущества. Эффективная передача энергии возможна на частотах, превышающих промышленную частоту 50 Гц. Применение тока средней частоты позволяет получить необходимое значение э.д.с. в обмотке энергоприемника при меньшем токе тяговой линии. Для тока средней частоты тяговая линия представляет большое сопротивление. Во избежание чрезмерного повышения напряжения в линии индуктивное сопротивление ее отдельных участков компенсируют емкостным сопротивлением конденсаторов, включенных последовательно с участками кабеля. Конденсаторы устанавливаются вдоль линии в компенсационных пунктах. На электровозе установлены компенсирующие конденсаторы, которые совместно с обмоткой энергоприемника образуют приемный колебательный контур. Цепи тяговой сети и

енергоприемников настраивают в режим, близкий к резонансу на выходной частоте источника питания. Таким образом, система, обеспечивающая передачу энергии, состоит из нескольких индуктивно связанных с тяговой линией контуров. На установках бесконтактного транспорта применяют тяговые двигатели постоянного тока, получающие питание от энергоприемника через выпрямитель.

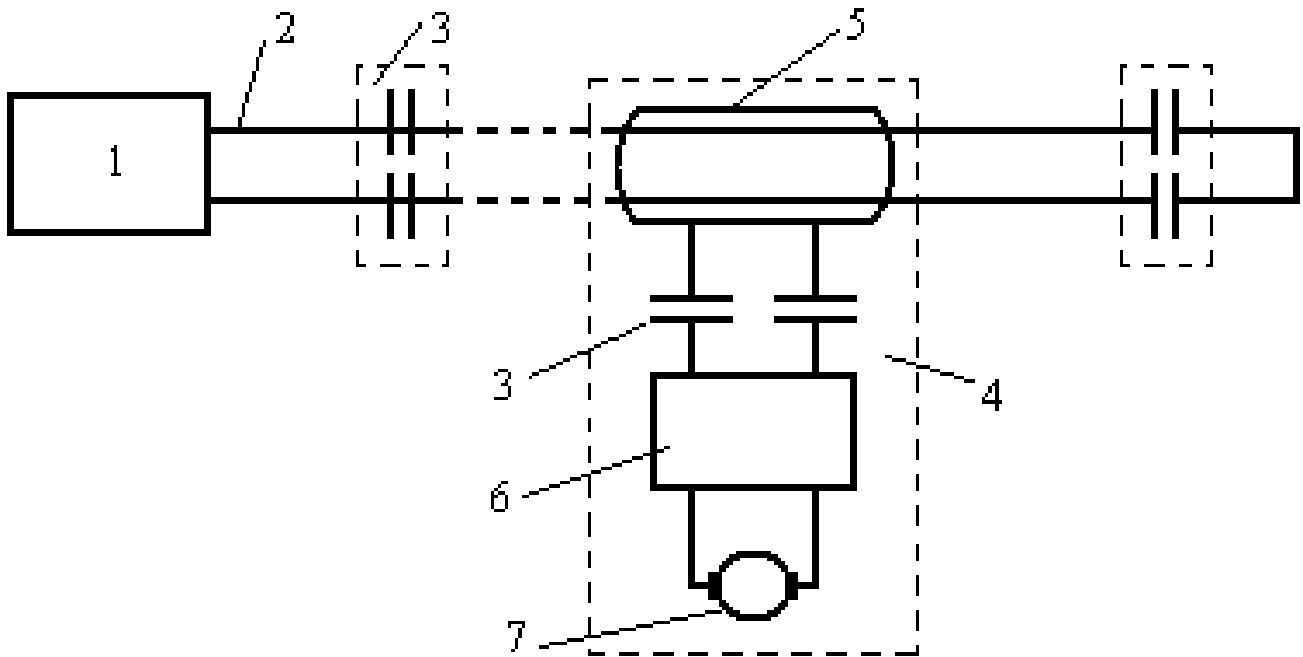


Рис. 1. Система бесконтактного электрического транспорта: 1 – преобразователь частоты; 2 – тяговая линия; 3 – компенсирующие конденсаторы; 4 – подвижный состав; 5 – энергоприемник; 6 – выпрямитель; 7 – двигатель

Важным звеном системы транспорта является источник питания – тиристорный преобразователь частоты. Преобразователь эксплуатируется в специфичных условиях динамичной тяговой нагрузки. При этом важно было обеспечить высокую устойчивость инвертирования, высокие энергетические показатели преобразователя частоты. Пивняку Г.Г. удалось решить эту научную проблему. В его докторской работе изложены теоретические основы преобразования параметров электрической энергии в системе шахтного транспорта. Работы выполнялись совместно с Таллинским электротехническим заводом им. Калинина. В 1972 году этим заводом был выпущен опытный образец тиристорного преобразователя частоты для бесконтактного транспорта. Выходная частота преобразователя – 5 кГц, ток тяговой сети – 150 А. Комплекс электрооборудования успешно эксплуатировался в течение ряда лет на шахте “Постниковская-1” производственного объединения “Шахтерскантрацит.”

Исследования по созданию эффективного источника питания были наукоемкими и разносторонними. В тот период осваивались новые направления высокочастотной силовой электроники с элементной базой на основе быстродействующих полупроводниковых приборов. Это способствовало появлению новых схемотехнических решений, оригинальных идей, повышающих устойчивость инвертирования, точность регулирования параметров, энергетическую эффективность создаваемого источника. В частности, акцентировалось внимание на разработке автономных инверторов со значительным запасом углов запираания тиристоров, инверторов с минимальными установленными мощностями силовых элементов, с рекуперацией энергии в определенных режимах их работы. Учитывалась необходимость согласования выходных параметров инвертора с тяговой сетью бесконтактного транспорта.

Под руководством проф. Пивняка Г.Г. его аспиранты (Пресманн Н.И., Худолеев Г.В., Жиров Л.В., Выпанасенко С.И., Эрлих Е.М.) решили ряд важных научных задач, позволивших освоить выпуск тяговых преобразователей частоты, отвечающих мировому уровню развития преобразовательной техники. По своим технико-экономическим и эксплуатационным показателям тиристорные преобразователи значительно превосходили машинные. Им присущи хорошие динамические характеристики, возможность получения необходимого закона регулирования или стабилизации выходных параметров без переключений в силовой схеме, возможность стабилизации рабочей частоты практически с любой точностью, постоянная готовность к работе. Достигнуто сокращение расходов на обслуживание. Тяговые преобразовательные подстанции в составе комплекса электрооборудования транспорта эксплуатировались на шахтах Донбасса (с 1980 года на шахте им. Ленина ПО "Ворошиловградуголь", шахте им. газеты "Известия" ПО "Донбассантрацит").

Научные исследования, связанные с разработкой источника питания повышенной частоты для шахтного транспорта, стали основой для освоения новых направлений использования токов повышенной частоты, в частности, в горнорудной промышленности. Так, в последующие годы Пивняк Г.Г. и его ученики проводили научные исследования по созданию новых электротехнологий индукционного нагрева, обработки минерального сырья (железной руды) в магнитном поле. По своей значимости эти результаты отвечали уровню научного открытия (суть научного открытия будет изложена ниже).

Комплексность подхода к исследованию систем шахтного транспорта заключалась в многовекторности анализа, стремлении охватить наиболее важные аспекты, определяющие ее работоспособность и безопасность. Безопасность транспорта – важное направление исследований, определяющее область применения системы, ее возможность использования на угольных шахтах, опасных по газу и пыли. Этому направлению исследований было уделено особое внимание.

Одна из проблем заключалась в защите обслуживающего персонала от поражения электрическим током в цепях тока повышенной частоты. Оригинальность предложенных решений заключалась в создании гальванической развязки цепей преобразователя частоты и тяговой сети, в формировании надежного устройства защиты от токов утечки, снижении уровня этих токов благодаря использованию новых изоляционных материалов оболочки кабеля тяговой сети. Безопасность электрических цепей электровоза обеспечивалась благодаря правильному выбору структуры силовых цепей электрооборудования, созданию быстродействующих систем отключения напряжения при возникновении угрозы поражения персонала электрическим током. По результатам выполненных в этом направлении научных исследований защитили кандидатские диссертации ученики профессора Пивняка Г.Г. – Гончаров В.Б., Рыбалко А.Я., Матиев Д.И.

Научные результаты Рыбалко А.Я. получены в области исследования тепловых и электрических параметров силового рудничного электрооборудования в диапазоне частот 4-10 кГц и его электромагнитной совместимости. Они послужили основой создания нового типа электрооборудования для частоты 5 кГц в системе электромагнитной передачи энергии бесконтактным электровозам угольных шахт. Установлены взаимосвязи электрических показателей электрооборудования и параметров технологической области использования бесконтактных электровозов, определяющих структуру системы электроснабжения транспорта в различных горнотехнических условиях угольных шахт. Разработаны модели формирования безопасных свойств рудничного электрооборудования тока повышенной частоты, отличающиеся системностью учета критериев безопасности, показателей качества аварийных электромагнитных переходных процессов, параметров силовых элементов.

Им также развиты методы анализа искробезопасных свойств электрооборудования, применения электрической энергии во взрывоопасных средах. По установленным зависимостям оценивается воспламеняющая способность токов повышенной частоты во

взрывоопасной атмосфере и уровень искробезопасности электрических систем. Предложен комплекс защитных мер и средств обеспечения требуемого уровня взрывозащиты для заданных параметров среды. Эти результаты использованы при проектировании специального электрооборудования для горнодобывающей промышленности.

К важным направлениям исследований в области безопасности системы шахтного транспорта были отнесены искробезопасность и обеспечение требуемого уровня взрывозащиты. Был проведен значительный объем работ по оценке воспламеняющей способности токов повышенной частоты, дана оценка искробезопасности "посторонних цепей", подверженных влиянию магнитного поля тяговой сети, электровоза. В результате проведенных исследований был определен существующий уровень взрывозащиты системы транспорта в целом. По заключению МакНИИ, безопасность бесконтактных электровозов оказалась значительно выше, чем аккумуляторных. С целью снижения влияния магнитных полей тяговой сети электровоза на обслуживающий персонал транспорта были разработаны и внедрены защитные устройства, обеспечивающие уровни защиты в соответствии с установленными нормами. Допустимые уровни полей (нормы), отвечающие используемым частотам, были разработаны Харьковским НИИ гигиены труда и профзаболеваний. Вопросы взрыво- и искробезопасности транспорта нашли отражение в научных исследованиях аспирантов Г.Г. Пивняка – Зражевского Ю.М., Свистельника О.А.

Повышенная частота тока тяговой сети обеспечивала эффективную передачу энергии транспорту, однако источник с такими параметрами не мог быть непосредственно использован для питания тяговых двигателей. Возник комплекс научных задач, связанных с преобразованием параметров электрической энергии, управлением приводом бесконтактных электровозов. Многообразие подходов к решению этих задач определило поиск приемлемых схемных решений, оптимизацию режимов работы силовых цепей преобразователя, обоснование принятых алгоритмов управления, способов согласования преобразователя с энергоприемником. Работы выполнялись в тесном контакте с институтами ДонУГИ, Донгипроуглемаш, Дружковским машиностроительным заводом. В результате была создана и внедрена система тиристорного регулирования привода бесконтактного электровоза (ТЭРА). В теоретическом плане проанализированы альтернативные способы регулирования, которые рассматривались как перспективные технические решения. Значительный вклад в решение этих задач внесли ученики профессора Г.Г. Пивняка – Б.Г. Долгов, В.П. Довгань, К.Г. Вейсс, М.В. Рогоза.

Использование тока повышенной частоты в протяженных тяговых сетях системы транспорта привело к выраженному проявлению эффектов, которые не характерны для токов низких частот. Речь идет о проявлении волновых свойств тяговой сети. Рассмотрение тяговой сети, как электрической цепи с распределенными параметрами, позволило объяснить возникающие в процессе эксплуатации перенапряжения на отдельных элементах сети, предложить эффективные технические решения, способствующие их устранению. Теоретическое обоснование принятых решений дано в кандидатской диссертации Е.И. Хованской (аспирантка профессора Г.Г. Пивняка).

Следует подчеркнуть, что принцип бесконтактной (индуктивной) передачи энергии движущимся электровозам в шахтных условиях применен в мировой практике впервые. Это стало возможным благодаря усилиям советских ученых, совместной работе над проблемой ведущих научно-исследовательских и проектных организаций, вузов, промышленных предприятий, угольных шахт. В их числе: МакНИИ, ДонУГИ, Донгипроуглемаш, Харьковский НИИ гигиены труда и профзаболеваний, Днепропетровский горный институт, Таллинский электротехнический завод им. Калинина, Дружковский машиностроительный завод, шахты "Постниковская" ПО "Шахтерскантрацит", им. Ленина ПО "Ворошиловградуголь", "Известия" ПО "Донбассантрацит" и др. Ведущая роль принадлежит учреждениям и предприятиям Украины, что позволяет видеть перспективы развития и

совершенствования этого вида транспорта, возможности использования заложенных принципов в других технических системах.

Участие сотрудников кафедры в создании источника питания повышенной частоты для бесконтактного электрического транспорта, его практической реализации и эксплуатации в составе действующих на угольных шахтах комплексов электрооборудования позволили получить практические навыки проектирования тиристорных преобразователей и решения на этой основе различных технологических задач, связанных с использованием токов повышенной частоты. Учитывая горную направленность ВУЗа, в первую очередь анализировались возможности использования этой техники в горном деле. В частности, совместно с кафедрой горных машин рассматривалась возможность применения тиристорных преобразователей частоты в технологических линиях обогащения магнетитовых железных руд. Проблема состояла в том, что традиционные способы дезинтеграции железных руд основаны на взаимодействии рабочих органов машин с частицами горной породы. При непосредственном механическом нагружении только незначительная часть энергии расходуется на образование новой поверхности. Поэтому затраты энергии велики, а эффективность низкая.

Новые направления дезинтеграции минерального сырья предполагали селективное воздействие на границы срастания рудной и нерудной фаз горной породы. В магнетитовых рудах, где магнитная составляющая обладает выраженным магнитострикционным эффектом, применялось воздействие переменным магнитным полем. Использование высокочастотных магнитных полей приводило к возникновению пульсирующих упругих напряжений на границах зерен и, в конечном итоге, к разупрочнению материала. Последующее механическое нагружение в мельницах происходило с меньшими затратами энергии, наблюдалось повышение селективности раскрытия зерен минерала.

На начальном этапе исследований физика протекающих процессов представлялась только с точки зрения магнитострикционного воздействия, приводящего к изменению размеров одной из составляющих горной породы. Поэтому к параметрам, определяющим степень воздействия магнитного поля на руду, отнесли интенсивность и частоту поля. Однако проводимые экспериментальные исследования по разупрочнению руды свидетельствовали о том, что перечень влияющих на разупрочнение параметров не полный. Так, оказалось, что на показатели разупрочнения влияет градиент напряженности магнитного поля, а также скорость ее изменения во времени. Это требовало пересмотра представлений о механизме разупрочнения, выявления новых параметров и оценки степени их влияния.

К изучению явления были привлечены ученые горного института, института электродинамики НАН Украины (г. Киев), промышленного предприятия – Полтавского горно-обогатительного комбината. В результате проведенных исследований были обнаружены упругие механические колебания, распространяющиеся в железной руде под действием импульсного магнитного поля. Причиной возникновения таких колебаний являлась магнитострикция, а интенсивность их воздействия зависела от характеристик распространяющейся упругой волны (в конечном итоге – от пространственных и временных характеристик магнитного поля). Стало понятным, что эффективное воздействие будет обеспечиваться в том случае, если локальные области куска горной породы будут находиться в зонах действия поля с различной напряженностью (неоднородное магнитное поле). Интенсивность воздействия возрастает при увеличении крутизны фронта распространяющейся волны. Таким образом, целесообразно использовать импульсное магнитное поле.

Раскрытие механизма воздействия поля на железную руду было важным этапом, так как определяло новые возможности повышения эффективности процессов. В перспективе могли быть созданы условия для развития принципиально нового направления в области физики горных пород – физики разупрочнения горных пород в электромагнитных полях,

изучающего процессы изменения прочности минералов под воздействием электромагнитных полей, построения теории управления процессами разупрочнения на основе изменения пространственных и временных характеристик поля.

В области промышленной дезинтеграции железных руд установленная закономерность позволяет обосновать новое направление снижения затрат энергии, повышения качества концентрата. Она позволяет разработать нетрадиционные способы и технологии обработки железных руд перед измельчением, создать методы расчета и определить параметры технических средств для их реализации, эффективно управлять процессом разупрочнения, используя связи показателей разупрочнения с параметрами магнитного поля.

Учитывая особую научную и практическую значимость полученных результатов, Международная ассоциация авторов научных открытий на основании результатов научной экспертизы классифицировала их как научное открытие (диплом №45 на открытие "Закономерность разупрочнения дробленых железных руд при воздействии неоднородного импульсного магнитного поля", 1997). Авторы научного открытия – академики НАН Украины А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк, профессор С.И. Выпанасенко, инженер В.П. Мартыненко.

На кафедре систем электроснабжения создана экспериментальная установка, использование которой в промышленных условиях Полтавского ГОКа, а также Центрального ГОКа (г. Кривой Рог) подтвердило достоверность сформулированных научных положений, эффективность предложенного технического решения.

Г.Г. Пивняк как сложившийся ученый, понимая, что кадры и их уровень подготовки решают все, организует с аспирантами и сотрудниками кафедры школы-семинары по освоению фундаментальных и современных разделов математики, преобразовательной техники, актуальным вопросам развития горно-металлургического комплекса страны. В них участвуют известные ученые из академических и ведущих электроэнергетических вузов страны. Школы – семинары позволяли молодежи окунуться в гущу современных проблем, актуализировать исследования по научным направлениям кафедры. И здесь роль заведующего кафедрой как организатора научных исследований и наставника, который не делил аспирантов на своих и чужих, проявилась в полной мере. При всесторонней поддержке Пивняка Г.Г. завершает исследования по качеству электроэнергии и оптимизации параметров электрических сетей участков угольных шахт ас. Заика В.Т., защищает кандидатскую диссертацию по электроснабжению карьеров ас. В.Х. Чирва, разработке средств компенсации реактивных нагрузок рудных карьеров посвящена диссертация Балашова Б.М.

Подготовка научных кадров высшей квалификации на базе кафедры начинается, таким образом, носить международный характер, растет авторитет ее научной школы, научные результаты приобретают известность не только в Украине, но и за рубежом.

С начала 80-х годов кафедра под руководством Г.Г. Пивняка начала активно вести исследования в области регулирования электропотребления и управления энергосбережением, а также создания современных технических средств для реализации информационных технологий в электроснабжении и на транспорте. Под руководством и при поддержке акад. Г.Г. Пивняка в 90-е годы по этой проблематике завершает и защищает докторскую диссертацию Разумный Ю.Т. В диссертации решены вопросы формирования системы потребителей–регуляторов на угольных шахтах, предложены технические и технологические решения для их эффективного использования. Немного позднее в этом же направлении докторскую диссертацию, посвященную разработке методов и средств повышения эффективности систем электроснабжения и уровня использования электроэнергии на подземной угледобыче, защищает доцент Заика В.Т.

Учитывая важность этого направления, и особенно в плане обеспечения энергонеависимости Украины, Г.Г. Пивняк уделяет особое внимание решению первоочередных проблем. Под общим руководством его создается творческий коллектив

ученых двух кафедр: систем электроснабжения и автоматизации технологических процессов (зав. кафедрой профессор Ткачев В.В. – ученик Г.Г. Пивняка) и начаты работы по созданию на базе информационных технологий системы энергоконтроля и диспетчерского управления электропотреблением, ориентированной на подземные работы угольных шахт. В работе участвуют также работники ПО «Павлоградуголь». Финансирование осуществляется из бюджета и непосредственно угольной отраслью. В 1990 г. образцы новой техники и система в целом допускаются институтом МакНИИ для работы на угольных шахтах и успешно выдерживают промышленные испытания. Испытания подтверждают эффективность использования информационных технологий в горной промышленности.

В комплексе с другими фундаментальными и практическими исследованиями сотрудников НГУ и работников ПО «Павлоградуголь» результаты этой работы в 1998 г. отмечены Государственной премией Украины в области науки и техники.

Академик Пивняк Г.Г., обладая широтой научного видения нового и прогрессивного, организывает выполнение и лично участвует в научно-технических разработках, относящихся к энергетике. Совместно со специалистами институтов "Днепрогипрошахт" и "ДнепрНИПИЭнергопром" под руководством Пивняка Г.Г. и Разумного Ю.Т. впервые разработан концептуальный проект энергетического комплекса "Угольная шахта – теплоэлектроцентраль" (ЭК "Шахта – ТЭЦ"), который относится к когенерационным системам по обеспечению потребителя электрической и тепловой энергией с использованием низкосортных углей ОАО "Павлоградуголь".

ТЭЦ мощностью 50 МВт достаточно надежно может обеспечить электрической и тепловой энергией группу угольных шахт и прилегающие к ним поселки городского типа. При авариях в энергосистеме такая ТЭЦ обеспечивает электроснабжение электроприемников аварийной и технологической брони угольных шахт, что чрезвычайно важно для потенциально опасных производств. Проектом предусмотрены установка на ТЭЦ котлов с циркулирующим кипящим слоем, использование в окислительных процессах исходящей от вентилятора главного проветривания метаносодержащей струи шахтного воздуха и угольной пыли, а также возможность опреснения шахтной минерализованной воды с последующей химической подготовкой и передачей ее в технологический цикл ТЭЦ.

Изложенные подходы к энергосбережению становятся составной частью национальной энергетической политики Украины.

Профессорами Пивняком Г.Г. и Разумным Ю.Т. совместно с учеными кафедры подземной разработки месторождений разработаны новые способы дегазации угольных шахт применительно к тектоническим нарушениям. Способы позволяют получить высококонцентрированный по метану газ для использования его в энергетических целях для газопоршневых двигателей. Дальнейшее развитие технологий добычи шахтного метана послужили основой для повышения энергоэффективности использования газов в энергетике. В результате, совместно с учеными Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа и работниками НАК «Нафтогаз України», ДК «Укргазвидобування», ДАТ «Чорноморнафтогаз», УкрНИИГаз в 2006 г. за разработку и внедрение высокоэффективных технологий добычи газа для повышения энергетической безопасности государства проф. Разумным Ю.Т. получена Государственная премия Украины в области науки и техники.

В последние годы на кафедре под руководством Г.Г. Пивняка развиваются исследования по повышению энергоэффективности на горных предприятиях и в энергетике. В результате проведенного анализа работы горных предприятий и режимов их электропотребления установлена низкая энергоэффективность как предприятий, так и энергетических установок. Доказано, что повышение энергоэффективности использования топлива путем его экономии на действующих тепловых электрических станциях централизованной энергосистемы и создания условий эффективной работы атомных электрических станций необходимо предусматривать сооружение электрической станции

(ЭС) на предприятии с одновременным переходом на дифференцированный по зонам суток тариф. В первую очередь это необходимо делать на крупных предприятиях, например, горно-металлургических, электрическая мощность которых в максимум нагрузок энергосистемы достигает 100 МВт и более. При этом необходимо ориентироваться на современные ЭС, эффективные в маневренном режиме – КПД не менее 45%, которые образуют независимые, децентрализованные системы.

Напряженная и творческая работа коллектива кафедры, связи ее с учеными многих стран (страны СНГ, Эстония, Польша, Германия, Китай и др.), участие в симпозиумах, конференциях укрепляли авторитет научной школы акад. Пивняка Г.Г., и поэтому не случайно ее участие в разработке Стратегии развития угольной отрасли Украины до 2030 года.

Накопленный кафедрой опыт исследований, а это сотни научных статей, десятки монографий, стали основой для написания многих учебников и учебных пособий, создания методических разработок и учебных руководств. По ним учится не одно поколение студентов. В итоге признание на государственном уровне – Государственная премия Украины в области науки и техники (2005)– за учебник под редакцией акад. Г.Г. Пивняка "Переходные процессы в системах электроснабжения", который выдержал три издания (авторы этого фундаментального труда ученые Национального горного университета и Национального технического университета КПИ).

Научные результаты за последние 30 лет, их уровень, масштабность, практическая ценность для науки и практики свидетельствуют, что научная школа горно-металлургической электроэнергетики в Национальном горном университете живет и развивается.