

УДК 658.149.3:378.662(477-25) „60-70/XX”

## Конверсионные разработки для нефтегазодобывающей промышленности СССР в Киевском политехническом институте в 60-70-х годах XX столетия

Conversion developments for oil-and-gas extractive industry of USSR in the Kyiv Polytechnic Institute in 60-70th years of XX century

Алла Христинич<sup>1</sup>, Виталий Татарчук<sup>2</sup>

Alla Khristich, Vitaliy Tatarчук

<sup>1</sup> Державний політехнічний музей при НТУУ «КПІ», Київ, Україна, [museum@kpi.ua](mailto:museum@kpi.ua)

<sup>2</sup> Державний політехнічний музей при НТУУ «КПІ», Київ, Україна, [batab@ukr.net](mailto:batab@ukr.net)

### Ключові слова:

конверсія, газотурбінна установка, газотурбінний двигун, газоперекачуючий агрегат, лабораторія газотурбобудування, Київський політехнічний інститут

**Анотація:** У статті відтворена історія конверсійних розробок в СРСР у 60–70-х роках XX століття, коли у зв'язку з відкриттям на території країни нових родовищ нафти і газу виникла потреба в переорієнтації авіаційних газотурбінних двигунів, що вичерпали свій ресурс, для наземних робіт з метою їхнього використання в енергетиці і на транспорті. Провідна роль в цьому належала вченим і співробітникам Київського політехнічного інституту. Паралельно тут було організовано підготовку спеціалістів-газотурбіністів; це був єдиний в Радянському Союзі підрозділ, в якому впродовж 10 років готували фахівців для газової промисловості.

### Key words:

conversion, gas-turbine plant, gas-turbine engine, gas-pumping aggregate, laboratory of gas-turbo building, Kyiv Polytechnic Institute

**Abstract—** In this article a history of conversion developments in the USSR in 60–70th of XX century is retold. It was happened in connection with opening on the territory of country a new deposits of oil and gas, when there was a necessity in change of orientation of workings the resource of aviation turbo-engines for surface works with the purpose of the use them in energy and on a transport. A leading role in this process are belonged to scientists of the Kyiv Polytechnic Institute. In it the preparation of specialists in the branch of gas-turbines was parallel organized. It was unique subdivision in Soviet Union, which was preparing during 10 years the specialists for gas industry.

### Актуальность проблемы

В процессе своей жизнедеятельности человечество постоянно осуществляет перемены в окружающей его среде, отвоевывая у природы ее тайны и приспособляя их для своих нужд. На каком-то этапе происходит накопление выработанной продукции, которая уже исчерпала свой ресурс и все возможные сроки для использования. И при разумном подходе, не поддаваясь на возможность сиюминутных сомнительных выгод от утилизации, а также в заботе о сохранении ресурсов в частности и в заботе о будущем вообще, следующим этапом выступает конверсия (от латин. *conversio* – преобразование, обмен, замена).

В период „холодной войны”, в которой Советский Союз пребывал на рубеже 60–70-х годов XX столетия, и намечавшейся политике „разрядки”, вариантом конверсии выступала ее военная составляющая, а именно сокращение выпуска вооружений в оборонной промышленности. В „гражданском” аспекте предусматривалась переориентация военной индустрии на производство товаров мирного потребления.

Одним из таких аспектов конверсионной деятельности в авиационной промышленности было преобразование отработавших свой ресурс двигателей для нужд

народного хозяйства – в частности для ее газовой и нефтеперерабатывающей отраслей. Потребность в этом возросла в указанный период в связи с открытием новых месторождений этих видов полезных ископаемых и необходимостью их транспортировки в другие районы страны. Долгое время эта страница истории и, в частности, роль в конверсионных разработках ученых Киевского политехнического института (КПИ), была в лучшем случае известна лишь узким специалистам и оставалась малоизвестной для историков науки и техники, что и предопределяет актуальность данной работы.

Целью работы является воссоздание картины конверсионных разработок ученых и сотрудников КПИ в авиационной и нефтегазодобывающей промышленности СССР в 60–70-х годах XX столетия в связи с открытием на территории страны новых месторождений нефти и газа, а также их совместные работы с ведущими конструкторскими бюро и предприятиями Советского Союза и других стран.

### Результаты работы

Открытие газовых месторождений в 60-х годах XX столетия в Тюменской, Оренбургской областях и в северных районах СССР поставили перед народным хозяй-

ством страны проблему транспортировки газа из труднодоступных мест по системам большой протяженности, требующим строительства в сжатые сроки большого числа компрессорных станций в различных климатических зонах.

Рост протяженности газовых магистралей, связанный с перемещением сырьевой базы промышленности в труднодоступные места Западной Сибири, резко усложнил сооружение и ввод в эксплуатацию магистральных газопроводов и особенно компрессорных станций.

Строительство компрессорных станций основывалось на использовании главным образом стационарных газотурбинных установок (ГТУ), создание и развитие которых базировалось на применении металлоемких газотурбинных приводов, нагнетателей, толстостенных литых корпусов, тяжелых роторов и т.д. Ускорение строительства компрессорных станций и, тем самым, повышение эффективности транспортировки газа, было возможно только благодаря созданию качественно новой техники.

Необходимость строительства компрессорных станций в труднодоступных районах, удаленных от баз снабжения и транспортных магистралей, а также требования по сокращению сроков ввода в эксплуатацию новых магистральных газопроводов поставили перед промышленностью задачу создания принципиально нового газоперекачивающего агрегата.

В стране была поставлена задача создать в Западной Сибири комплексную базу газодобычи, построить и ввести в действие 7 сверхдальних газопроводов. Основные из них должны были пройти на значительной протяженности по территории Украинской ССР и подключены к газотранспортной системе Укргазпрома.

В районах, не обеспеченных электроэнергией от энергосистем, для нужд народного хозяйства необходимы малогабаритные, легкие двигатели, приспособленные для работы в самых различных условиях на разных топливах, не требующие длительного и сложного монтажа, простые и надежные в эксплуатации, имеющие большие мощности при малом удельном весе и малых габаритах.

Необходимо было применить новые технические решения и использовать более прогрессивное оборудование. Одним из прогрессивных технических направлений было создание в стране и внедрение в газовую промышленность легких, мобильных, компактных газоперекачивающих агрегатов с авиационным приводом.

Объективная необходимость переоснащения авиации в годы Второй мировой войны двигателями нового поколения стала катализатором разработок принципиально новых газотурбинных двигателей (ГТД) с незначительным удельным весом на единицу мощности. Это послужило толчком в развитии авиадвигательной промышленности и связанных с ней других отраслей.

В послевоенное время авиадвигателестроение продолжало стремительно развиваться для нужд авиации, а отработавшие свой летный ресурс ГТД было предложено использовать в наземных целях: в энергетике, на транспорте, в качестве приводных двигателей газоперекачивающих агрегатов.

Тенденции упрощения конструкций ГТУ и повыше-

ние их эффективности за счет увеличения начальной температуры газа логически привели к конверсии авиационных ГТД для энергетических и приводных целей.

Такие ГТД характеризуются высокой мощностью. В то же время они превосходят стационарные ГТУ по эффективности, маневренности и массагабаритным показателям. Привлекала также возможность использования авиационных двигателей, выработавших свой ресурс в воздухе. Предполагалось, что снижение рабочей температуры газа на 150–200 °С увеличит на десятки тысяч часов их наземный ресурс, а замена этими двигателями стационарных ГТУ позволит уменьшить габариты силовых агрегатов и придать им блочно-контейнерную конструкцию, упростить транспортировку, а также существенно снизить стоимость и объем строительно-монтажных работ.

Для механического привода достаточной была мощность одноагрегатного транспортного ГТД. Применительно к энергетическим потребителям мощность увеличивалась многоагрегатным исполнением установок.

За рубежом уже был накоплен опыт по созданию и применению силовых ГТУ, созданных на базе авиационных двигателей. Наряду с основными работами в области авиационного моторостроения ведущие зарубежные фирмы проводили разработки по использованию авиационных ГТД в промышленности и на транспорте в качестве стационарных и передвижных силовых установок.

Находили свое применение авиационные двигатели и в СССР – сушка сельскохозяйственных продуктов и сырых помещений, снегоочистка, пожаротушение и т.п. Столь ограниченное применение определялось недостаточными ресурсами авиационных ГТД. В послевоенные годы сроки службы отечественных двигателей приближались к лучшим зарубежным образцам. Одним из наиболее надежных и долговечных отечественных авиационных ГТД был турбовинтовой авиационный двигатель АИ-20 конструкции ОКБ А.Г. Ивченко. Вопрос об использовании его в промышленности, энергетике и на транспорте стал актуальным [1, 2, 3, 4, 10].



Фото 1. Передвижная электростанция на базе конвертированного газотурбинного авиадвигателя АИ-20

В ноябре 1969 года вышло Постановление Совета Министров СССР, обязывающее Минтяжмаш, Мин-

авиапром и Минхимнефтемаш обеспечить в 1971–1975 годах производство газотурбинных двигателей для компрессорных станций магистральных газопроводов.

Разработки по переводу камер сгорания авиационных двигателей АИ-20, НК-12, РД-3М на газ с целью создания блочно-автоматизированных газоперекачивающих агрегатов были выполнены Украинским научно-исследовательским институтом природных газов, Запорожским моторостроительным заводом „Прогресс”, Киевским политехническим институтом и Куйбышевским конструкторским бюро машиностроения [5, 6, 7].

Конверсию авиационного двигателя, прежде всего перевод его с дефицитного авиационного керосина на другие, более доступные виды топлива, одним из которых является природный газ, впервые в Украине и в СССР провели в лаборатории газотурбостроения КПИ под руководством д.т.н. В.А. Христича.

Созданию газоперекачивающих агрегатов (ГПА) с газотурбинным приводом авиационного типа предшествовало проведение значительного объема научно-исследовательских, конструкторских и доводочных работ по созданию авиационного привода на базе авиационных двигателей, выработавших свой ресурс.

Наземное применение авиадвигателей в народное хозяйство сопряжено с необходимостью их перевода на другие виды топлива. Такими топливами могут быть тяжелые жидкие (дизельные, дистилляты коксования, термического крекинга и др.) и газы, природные и попутные. Одним из главных элементов, определяющих надежность и экономичность работы ГТА, является камера сгорания.

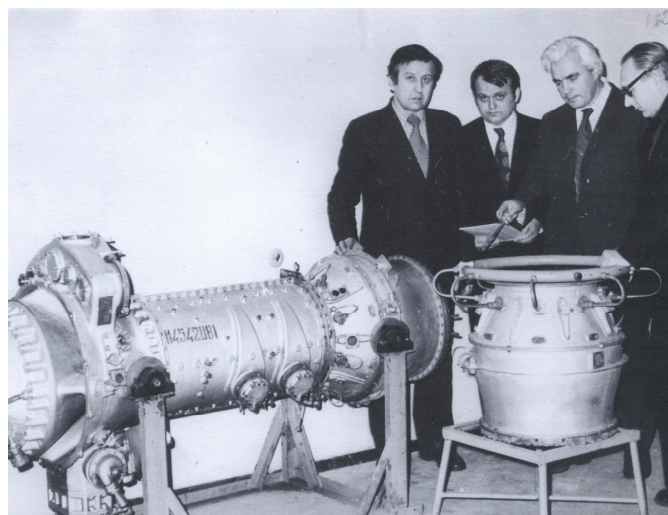


Фото 2. Разработчики проектов к.т.н. В.И. Диденко, Г.М. Любчик, А.М. Шевченко, д.т.н. В.А. Христич в лаборатории на этапе конверсии авиационных газотурбинных двигателей (1970)

По заданию Укргазпрома и договорам с авиационными предприятиями – ОКБ А.Г. Ивченко, Н.Д. Кузнецова, „Турбогаз” (Харьков) и др. – в лаборатории газотурбостроения КПИ под руководством д.т.н. В.А. Христича были проведены работы по переводу авиационных двигателей на природный газ. Это потребовало проведения большого комплекса научно-исследовательских и

инженерно-конструкторских работ по отработке камер сгорания, топливо-регулирующей аппаратуры [17].

Эффективность рабочего процесса камер сгорания обуславливается качеством смесеобразования, которое определяется аэродинамической структурой потока и распределением топлива по сечению и объему камеры сгорания. Взаимодействие этих факторов изучено в процессе перевода на природный газ камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей (АГТД). Результаты выполненных работ позволили выяснить условия, обеспечивающие оптимальные режимы работы камер сгорания АГТД с точки зрения достижения максимальной полноты выгорания в них природного газа, а также закономерности влияния различных факторов на интенсивность тепловыделения. Полученные данные использованы при переводе серии АГТД на газ, при оптимизации их эксплуатации и создании подобных камер сгорания.

С целью уменьшения капитальных затрат перевод авиационных двигателей на газ должен был производиться без сколь-либо существенных переделок двигателя, что потребовало проведения ряда разработок и исследований. Все это было выполнено в лаборатории газотурбостроения КПИ [8, 9].

Естественным было стремление осуществить перевод авиадвигателей с керосина на газ ценой минимальных переделок конструкции двигателей и, в частности, их камер сгорания. Своеобразие агрегатного состояния и специфичность физико-химических свойств природного газа, как топлива, потребовали специального изучения возможностей и путей решения поставленной задачи.

Природный газ, обладая высокой теплотворной способностью, не содержит серы и вредных соединений ванадия и натрия. Отсутствие смолистых включений, а также малая светимость факела способствуют улучшению эксплуатационных характеристик камер сгорания. В то же время высокая температура зажигания, узость концентрационных пределов воспламенения и малая скорость распространения пламени могут при определенных условиях ухудшить эти характеристики. Все это обусловлено преобладанием в составе природных газов метана, который своими свойствами определяет теплотехнические свойства природного газа как топлива.

В комплекс проведенных в газотурбинной лаборатории КПИ работ входило:

А) изучение влияния теплофизических свойств газов на рабочий процесс газотурбинных камер сгорания;  
 Б) разработка и экспериментальная доводка газотопливной аппаратуры, позволяющей осуществить перевод авиадвигателей на газ без переделок камеры сгорания, что уменьшило капитальные затраты и обеспечило возможность работы двигателя на двух видах топлива (жидком и газообразном), одно из которых всегда может быть резервным;

В) отработка факельных воспламенителей и оптимальных режимов зажигания топлива, обеспечивающих надежный и безопасный запуск двигателя на газе;

Г) проведение детальных исследований рабочего процесса камер сгорания, в результате которых были



разработаны рекомендации по снижению температуры стенок жаровых труб и улучшению равномерности температурных полей газового потока перед турбиной, что повысило ресурс и надежность работы двигателя [12, 13, 15, 16].

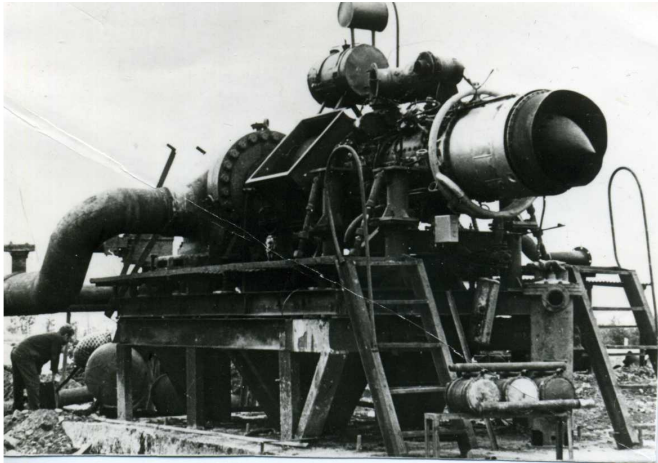


Фото 3. Газоперекачивающий агрегат, созданный на базе конвертированного газотурбинного авиадвигателя АИ-20

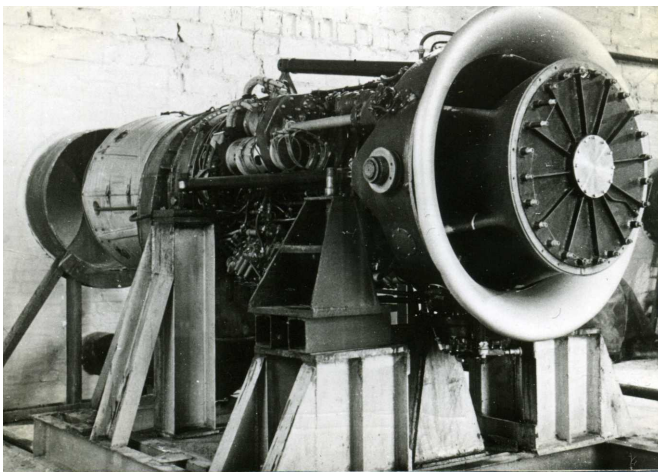


Фото 4. Газоперекачивающий агрегат, созданный на базе конвертированного газотурбинного авиадвигателя НК-12

Внедрение этих работ способствовало быстрейшему созданию семейства нужных для народного хозяйства универсальных автоматизированных энергетических установок.

Первой такой работой было совместное исследование КПИ и ЗПО «Моторостроитель», выполненное применительно к турбовинтовому двигателю АИ-20, на базе которого заводом-изготовителем спроектировано семейство передвижных электростанций, компрессорных и турбонасосных агрегатов.

В результате выполненных в 1965–1970 годах научных разработок газотурбинной лабораторией КПИ были переведены с авиакеросина на природный газ турбовинтовые двигатели Запорожского авиадвигательного завода (ныне – «МоторСич») АИ-20А, АИ-20К, АИ-20Д, АИ-24.

Опыт, накопленный при создании и отработке базового двигателя, позволил в короткие сроки изготовить опытные экземпляры двигателей для газоперекачивающих агрегатов. Газовые турбины, основанные на авиа-

ционных двигателях, надежны, имеют быстрый пуск, простую транспортировку и монтаж.

По требованиям промышленности и по собственной инициативе в КПИ был осуществлен перевод на природный газ камер сгорания турбореактивных двигателей РД-45 (ВК-1), РД-3 и турбовального Д-25.

Наиболее важные и трудоемкие работы по исследованиям были связаны с переводом двигателя НК-12 и РД-3 на газообразное топливо. Работы проводились УкрНИИГАЗом совместно с КПИ и Куйбышевским конструкторским бюро машиностроения, Харьковским авиационным институтом на Шебелинском испытательном полигоне [11, 14].

Конверсионные разработки проводились рядом украинских предприятий: Запорожским объединением ОАО «МоторСич» – ЗМКБ «Прогресс» им. А.Г. Ивченко, Николаевским НПП «Машпроект» им. С.Д. Колосова, ПО «Заря» и другие на базе конвертированного АИ-20 выпускали приводы генераторов передвижных электростанций ПАЭС-1600, ПАЭС-2500. Более 1500 таких электростанций работают в разных климатических условиях России, Аргентины, Бразилии, Туркмении, Афганистана, Пакистана, Ирана.

На базе конвертированного двигателя АИ-24 выпускали мощные буровые установки (как привод) для нефтяной промышленности и передвижных электростанций ПАЭС-1250.

На базе конвертированного НК-12 были созданы мощные газоперекачивающие агрегаты, которые долго были одним из основных типов энергетики газотранспортных систем.

На базе конвертированного на газ двигателя РД-3М-500 Харьковским турбинным и Первым Брненским машиностроительным (ПБМЗ) заводами созданы высокоманевренные пиковые энергоблоки мощностью 18 МВт. Затем на этой же базе отечественным машиностроением были разработаны агрегаты мощностью 36, 54, 72, 108 МВт.

КПИ совместно с ПБМЗ (Чехия) принимал участие в разработке автоматизированных газотурбинных электростанций, создаваемых чехословацкой стороной по заказу Министерства нефтяной промышленности СССР. Разрабатывалась конструкция камеры сгорания, пневматические форсунки для жидкого топлива.

Эксплуатация газоперекачивающих агрегатов с авиационным приводом на магистральных газопроводах СССР, начатая в сентябре 1974 года, показала значительные их преимущества перед стационарными агрегатами. Двигатели, выработавшие ресурс на самолетах, показали свою надежность, способствовали быстрому сооружению компрессорных станций при большой экономической эффективности. Кроме того, наземное использование двигателей, выработавших ресурс в авиации, дало народному хозяйству значительную экономию легированных никелесодержащих сплавов.

Использование отработавших свой ресурс авиационных ГТУ для наземных целей позволило заполнить нишу потребностей в небольших единичных мощностях для энергетической и газотранспортной отраслей, создания малоагрегатных энергетических установок.

Такие передвижные электростанции целиком изготавливались на заводе, а затем в готовом виде доставлялись на место назначения, прежде все для энергоснабжения отдаленных и труднодоступных северных районов страны.

Конверсионное использование авиационных ГТД позволило обеспечить быстрое освоение труднодоступных регионов и ускорить развитие таких отраслей, как добывающая, лесная, сельскохозяйственная и другие.

В 1976 году в КПИ по договоренности с двумя Министерствами СССР – газовой промышленности и высшего образования – была организована подготовка специалистов-газотурбинистов по эксплуатации силовых установок компрессорных станций магистральных газопроводов. Разработав оригинальный учебный план, программы и обновленные соответствующим содержанием учебные курсы, теплоэнергетический факультет КПИ в течение 10 лет был единственным в СССР подразделением, готовившем специалистов для этой важнейшей отрасли народного хозяйства. В свою очередь, Министерство газовой промышленности ежегодно выделяло на строительство КПИ 500 000 рублей, что в сумме превысило стоимость строительства учебного корпуса теплоэнергетического факультета.

Открытие новой учебной специализации сопровождалось и новым дополнением к развитию научно-исследовательских работ. Вынуждали к этому как возросшая потребность в расширении парка газотурбинных компрессорных станций, так и требования повышения их эффективности. С целью развития таких работ в КПИ была расширена исследовательская группа, имеющая многолетний опыт сотрудничества с организациями Мингазпрома или работающими по его заданиям. Был выполнен большой объем работ по разработке и исследованию технологии эффективного сжигания в ГТУ альтернативных топлив – сжиженного пропан-бутана, топлива с примесью водорода (как способ уменьшения вредных выбросов в атмосферу), биогаза, шахтного метана, рапсового масла и смеси его с дизельным топливом. Такие работы проводились вместе с Центральным институтом авиационного моторостроения (ЦИАМ, Москва), Институтом проблем машиностроения НАН Украины (Харьков) и др. [19, 20]

Начавшийся в СССР в начале 1960-х годов процесс конверсии авиационных ГТД в последние годы XX столетия приобрел особо стремительный характер. В этот период сложились определенные условия для использования ранее засекреченных разработок стратегического назначения. Научно-технические разработки, связанные с исследованиями в газотурбостроении, стали более доступными, в том числе и для коммерческих целей. Промышленные предприятия, выпускающие ГТД, начали перестраивать выпускаемую продукцию для производства установок энергетического, приводного и транспортного назначения больших мощностей в мирных целях. Резко изменилась номенклатура выпускаемой продукции на этих предприятиях по мощностным, экономическим и экологическим характеристикам, появилась более тесная кооперация между профильными предприятиями. Это позволило создавать, производить и

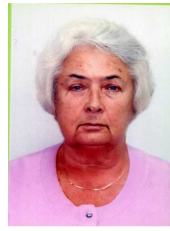
устанавливать электрические и газоперекачивающие станции различной мощности в мобильном (контейнерном) исполнении. Повысилась эффективность ГТУ, улучшились и другие технико-экономические показатели установок. Активную роль в этом процессе сыграли предприятия Украины и России, которые смогли добиться значительных успехов за счет собственных разработок и в кооперации друг с другом.

#### **Источники и литература:**

1. Арсланов Ф. А. Перевод камер сгорания газотурбинных двигателей АИ-20К с жидкого топлива на природный газ / Ф. А. Арсланов, В. И. Диденко, В. А. Христинич, А. С. Красников А. С. // Энергетика и электрификация. – 1966. – № 1 (25). – С. 13-17.
2. Арсланов Ф. А. Температурное поле газового потока на выходе из кольцевой камеры сгорания / Ф. А. Арсланов, В. И. Диденко, А. С. Красников, В. И. Омельченко, В. А. Христинич // Авиационная промышленность. – 1966. – № 6. – С. 41-43.
3. Применение авиационных газотурбинных двигателей в народном хозяйстве / Омельченко В. И., Красников А. С., Константиновский В. А., Ройтман А. Б., Христинич В. А., Арсланов Ф. А. ; Под общей редакцией акад. АН УССР И. Т. Швеца. – К.: ИТИ, 1966. – 42 с.
4. Христинич В. А. Перевод на природный газ камер сгорания авиационного газотурбинного двигателя АИ-20 / В. А. Христинич, А. В. Язык, В. И. Диденко, В. И. Чубенко // Транспорт и хранение газа. – М., 1971. – № 6. – С. 15-18.
5. Омельченко В. И. Работа камеры сгорания двигателя АИ-24 на газообразном топливе / В. И. Омельченко, А. С. Красников, Ф. А. Арсланов, В. А. Христинич, В. И. Диденко // Авиационная промышленность. – 1967. – № 2. – С. 59-60.
6. Диденко В. И. Перевод на природный газ камер сгорания авиационного турбореактивного двигателя РД-3М-500 / В. И. Диденко // Использование газа в народном хозяйстве. – М., 1975. – № 1. – С. 9-20.
7. Диденко В. И. Устойчивость и полнота сгорания в трубчато-кольцевой камере авиационного ГТД при работе на природном газе / В. И. Диденко, В. А. Христинич, А. М. Шевченко // Вестник Киевского политехнического института. Серия теплоэнергетики. – 1972. – № 9. – С. 57-59.
8. Христинич В. А. Перевод камер сгорания на газ и некоторые особенности их рабочего процесса на этом виде топлива / В. А. Христинич, А. М. Шевченко, В. И. Диденко // Сборник материалов научно-технического Совета по проблеме наземного применения авиадвигателей при ГОС НИИ гражданской авиации. – М., 1972. – С. 53-63.
9. Христинич В. А. Результаты экспериментальных исследований процессов воспламенения, пламепереброса и устойчивости горения в

трубчато-кольцевой камере авиационной конвертированной для стационарной ГТУ. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах Украинской ССР. Энергетика / В. А. Христин, Ю. А. Бабенко – 1973. – С. 4-5.

10. Арсланов Ф. А. Газовые форсунки для авиадвигателей, переводимых на природный газ. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах вузов Украинской ССР. Энергетика / Ф. А. Арсланов, В. Я. Корытник, А. С. Красников А. С. – 1967. – С. 15-16.
11. Язык А. В. Натурные испытания на природном газе камер сгорания АГТД НК-12 / А. В. Язык, В. И. Диденко // Использование газа в народном хозяйстве. – М., 1973. – № 8. – С. 14-18.
12. Гавриш С. А. К вопросу о токсичности выхлопа газотурбинных двигателей / С. А. Гавриш, В. И. Диденко, Г. Н. Любчик, В. А. Христин // Энергомашиностроение. – 1977. – № 12. – С. 21-23.
13. Христин В. А. Перевод на природный газ и форсировки по температуре камеры сгорания ГТД РД-45 / В. А. Христин, В. И. Диденко, А. М. Шевченко // Информационный межотраслевой институт повышения квалификации специалистов народного хозяйства АССР. – Рига, 1973. – С. 17-19.
14. Язык А. В. Натурные испытания на природном газе камер сгорания АГТД НК-12 / А. В. Язык, В. И. Диденко, В. М. Панурин, И. Н. Рыжанский // Использование газа в народном хозяйстве. – М., 1973. – № 8. – С. 14-18.
15. Бабенко Ю. А. Исследование процесса воспламенения природного газа в камерах сгорания авиационных ГТД / Ю. А. Бабенко, В. И. Диденко, В. А. Христин // Вестник Киевского политехнического института. Серия „Теплоэнергетика“. – 1973. – № 1. – С. 35-40.
16. Христин В. А. Энергетические показатели камер сгорания в составе авиадвигателя при работе их на природном газе / В. А. Христин, Г. Н. Любчик, В. И. Диденко // Энергетика. Известия высших учебных заведений. – 1984. – № 9. – С. 72-74.
17. Христин В. А. Рабочий процесс камер сгорания авиационных ГТД на природном газе / В. А. Христин, В. И. Диденко // Энергетика. Известия высших учебных заведений. – 1987 – № 11. – С. 76-81.
18. Аверьянов А. А. Газоперекачивающие агрегаты с приводом авиационного типа / А. А. Аверьянов, Н. М. Лебедев – М.: Недра, 1983. – 70 с.
19. Христин В. О. Внесок теплоэнергетического факультету КПИ в розвиток сучасних прогресивних енерготехнологій / В. О. Христин, В. В. Босий // Наукові вісті Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут. – 1997. – № 1. – С. 49-54.
20. Христин В. О. Розвиток газотурбінних енерготехнологій на ТЕФі / В. О. Христин, Г. М. Любчик // Київський політехнік. – 2002. – № 22. – С. 3.



**Христин Алла Степанівна** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Державного політехнічного музею при НТУУ „КПІ“.



**Татарчук Віталій Вячеславович** – завідувач відділу Історії Київського політехнічного інституту Державного політехнічного музею при НТУУ „КПІ“.