

Г.И. Ищенко, М.Г. Ищенко, Харьков, Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАО «ТУРБОАТОМ»

У статті представлений стислий ілюстрований огляд сучасних наукоємних турбінобудівних технологічних можливостей і напрямків технічного переозброєння одного з провідних підприємств світового енергетичного машинобудування.

В статье представлено краткое иллюстрированное обозрение современных наукоёмких турбиностроительных технологических возможностей и направлений технического перевооружения одного из ведущих предприятий мирового энергетического машиностроения.

The article presents a brief illustrated review of modern science intensive turbine manufacture technological possibilities and directions of technical re-equipment of one of the world's leading in energy engineering.

Введение. С начала XX столетия турбина вытеснила паровые машины и стала основным двигателем для приведения в действие электрогенераторов. Турбиностроение является основой современного энергомашиностроения, определяющего потенциал промышленности и экономики в целом. При этом развитие атомного энергомашиностроения относится к доминирующим тенденциям нынешнего, шестого технологического уклада, переживаемого экономически передовыми странами мировой цивилизации [1].

Харьковский турбогенераторный завод, построенный в 1934 году по проекту американской фирмы Дженерал Электрик и начинавший с выпуска турбин как ее лицензиат, сегодня имеет замкнутый цикл производства турбин от проектно-конструкторских работ до натуральных испытаний и всемирно известный бренд «Турбоатом». По накопленному опыту разработок [2, 3] и объему установленных мощностей турбин для АЭС ПАО «Турбоатом» успешно конкурирует с наибольшим в Европе немецким транснациональным концерном Сименс и самой большой многоотраслевой производственной группой Японии Мицубиси, вместе с крупной французской компанией Альстом и американскими транснациональными гигантами Вестингауз и той же Дженерал Электрик, см. рис. 1, входит в четверку мировых соперничающих лидеров атомного энергомашиностроения, на долю которых совокупно приходится 2/3 глобального рынка.

Свои трудовые успехи торящий свой девятый десяток ПАО «Турбоатом» на протяжении всей своей истории неразрывно связывает с учебно-научно-производственным сотрудничеством с отечественной высшей технической школой, прежде всего с НТУ «ХПИ».

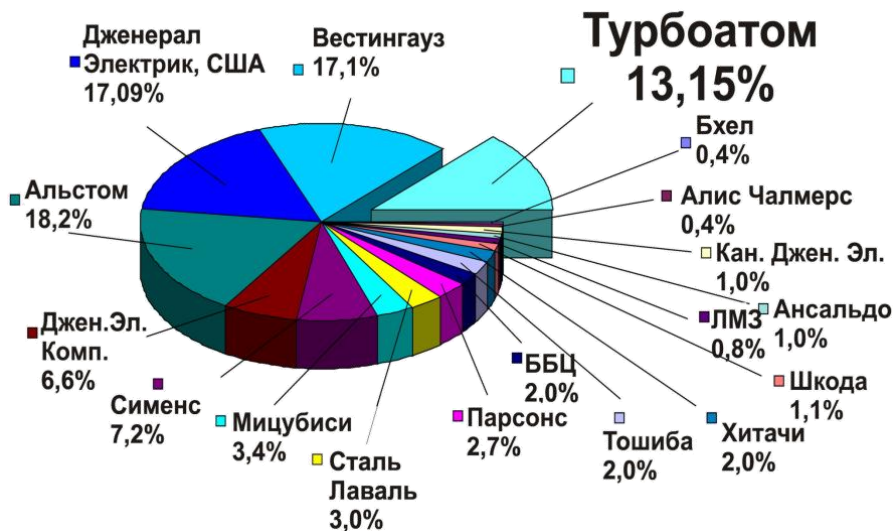


Рисунок 1 – Распределение установленных мощностей турбин для АЭС по фирмам-изготовителям

Для обеспечения конкурентоспособных эксплуатационных характеристик и технологичности производства турбин необходимы наукоемкие знания из металловедения, динамики и прочности машин, технологии машиностроения, автоматизированного управления, необходимо изучать возникающие в турбине тепловые процессы. Не случайно одновременно с закладкой в Харькове турбогенераторного завода в 1930 году в Харьковском механико-машиностроительном институте (ХММИ, ныне НТУ «ХПИ») создается ряд факультетов и кафедр, вовлеченных в подготовку специалистов и решение конструкторско-технологических инженерно-научных проблем становления и развития отечественного турбиностроения. Создается уникальная кафедра турбиностроения (1930 г.), научно-исследовательская лаборатория которой в современной истории Украины официально признана ее национальным достоянием (с 2006 г.), кафедра динамики и прочности машин (1930 г.), кафедра металловедения и термической обработки металлов (1932 г.) и др. [4-7].

Свой путь инноваций, надежности и успеха [8] ПАО «Турбоатом» во все времена преодолевает и вместе с научной школой физики процессов резания и подготовившей ему многих впоследствии высококвалифицированных специалистов и руководителей производства кафедрой резания металлов и металлорежущих инструментов (ныне – интегрированных технологий машиностроения) НТУ «ХПИ», от рождения предприятия и до наших дней

возглавляемыми выдающимися организаторами высшего технического образования и науки профессорами Н. И. Резниковым, М. Ф. Семко (с 1941 г.) и А. И. Грабченко (с 1979 г.) [9-11].

Представляемое здесь краткое иллюстрированное обозрение современных турбиностроительных технологических возможностей и направлений технического перевооружения ПАО «Турбоатом» направлено на привлечение внимания и профессиональной компетенции широкого круга специалистов к особой сложности и уникальной масштабности инженерно-научных технологических задач механообработки, стоящих перед предприятием и решаемых им.

Не менее важной логистической функцией представленного обзора является донесение до потенциальных потребителей в реальном секторе экономики технологических возможностей и инвестиционной привлекательности ПАО «Турбоатом».

В предлагаемой фактографической иллюстрированной подборке использованы авторские материалы и материалы сайта предприятия [12].

Технологические возможности. Структура производства ПАО «Турбоатом» включает металлургическую (10 %), сварочную (25 %) и механосборочную (65 %) составляющие.

Механосборочное производство располагает всеми видами оборудования для выполнения таких работ, как точение, растачивание, фрезерование, сверление, шлифование, нарезание зубьев, дробеструйная очистка и окрашивание, сборка и испытание. В его распоряжении находится 1836 ед. металлорежущего оборудования, в том числе 125 уникальных металлорежущих станков и более 80 станков с ЧПУ.

Обработка деталей типа «вал» производится на уникальных токарных станках с диаметром обработки до 5 м и длиной до 16 м (рис. 2). Высокоточная обработка выполняется на станках фирмы Хёш с максимальной грузоподъемностью до 200 т, диаметром обработки до 3,2 м и длиной до 14 м (рис. 3).

Для обработки корпусных и кольцевых деталей используются также уникальные токарно-карусельные станки Краматорского завода тяжелых станков с максимальным диаметром обрабатываемых деталей до 20 м, высотой до 5,2 м и суммарной массой до 400 т (рис. 4).

Растачивание деталей производится на уникальном немецком (фирмы Вальдрых Кобург) и итальянском (фирмы Инноченти) оборудовании. В первом случае габариты рабочего пространства 5x5,8x17 м и грузоподъемность стола 200 т (рис. 5). Во втором – размер стола 4,5x4,5 м, диаметр шпинделя 0,22 м, грузоподъемность 150 т (рис. 6).



Рисунок 2 – Обработка вала гидротурбины
на токарном станке фирмы Шкода



Рисунок 3 – Обработка ротора паровой турбины
на токарном станке с ЧПУ фирмы Хёш



a

б

Рисунок 4 – Обработка статора (*a*) и диафрагмы (*б*) на токарно-карусельных станках моделей 1594 (*a*) и КУ-152Ф1 (*б*)

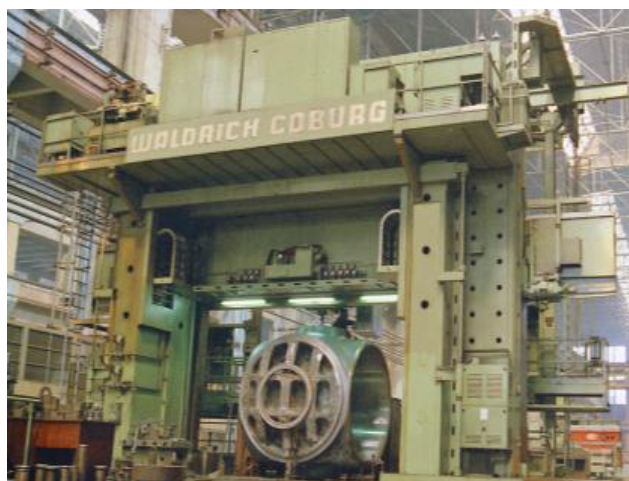


Рисунок 5 – Обработка ротора шарового затвора на обрабатывающем центре с ЧПУ фирмы Вальдрих Кобург



Рисунок 6 – Растачивание внутреннего кольца направляющего аппарата на станке фирмы Инноченти

Фрезерование поверхностей сложной формы осуществляется на уникальных станках с ЧПУ немецкой фирмы Шисс (рис. 7), итальянской фирмы Инноченти (рис. 8) и отечественном производстве Краматорского завода тяжелых станков (рис. 9), оснащенных поворотными столами грузоподъемностью до 150 т.



Рисунок 7 – Фрезерование лопасти гидротурбины на горизонтально-фрезерном станке фирмы Шисс



Рисунок 8 – Обработка лопасти рабочего колеса на фрезерно-расточном станке фирмы Инноченти



Рисунок 9 – Нарезание «елочных» пазов для установки лопаток последних ступеней паровой турбины мощностью 1 млн. кВт на роторно-фрезерном станке мод. КУ-324М

Фрезерование профиля рабочих лопаток проводится на модернизированном специальном оборудовании с ЧПУ (рис. 10) и является одним из основных объектов приложения программы технической модернизации механосборочного производственного сегмента предприятия [8].



Рисунок 10 – Обработка рабочих лопаток паровых турбин на станке ЧПУ модели ГФ2253С1

Переворужение механообрабатывающего комплекса. Техническое перевооружение ПАО «Турбоатом» обеспечивает самоинвестированием из собственных оборотных средств без привлечения дополнительных кредитов. Основное содержание модернизации станочного парка, учитывая его полную реконструкцию в последнем десятилетии советского периода, заключается в закупке и установке современных систем ЧПУ, среднесрочной комплектации запчастями и эффективном инструментальном обеспечении [13].

Однако не исключается и принятие решений о покупке и нового станочного оборудования, как это было сделано в отношении ныне эксплуатируемых на предприятии шести станков известной американской компании Хаас: трех токарных и трех фрезерных, с общей суммой контракта на поставку на сумму порядка 600 тыс. долл. [8].

В порядке организационной поддержки действующей программы технического развития на 2008-2015 гг., предусматривающей модернизацию производства по всем направлениям с общим объемом затрат 800 млн. грн. [8], на предприятии проведена реорганизация ремонтной службы с преодолением ее децентрализации и усилением акцента от поддерживающего работоспособность текущего ремонта станочного оборудования к капитальному ремонту и расширяющей технологические возможности модернизации [14].

В лопаточном производстве выполнена модернизация станков (всего 15 шпинделей) для круговой обработки лопаток паровых турбин с установкой систем ЧПУ. Рис. 11-13 демонстрируют вид станков после модернизации.



Рисунок 11 – Обработка турбинных лопаток на модернизированном обрабатывающем центре с ЧПУ модели ИС-800ПМФ4



Рисунок 12 – Фрезерование турбинных лопаток по программе на станке модели 65A90Ф4



Рисунок 13 – Обработка турбинных лопаток на модернизированном станке с ЧПУ фирмы Форест

Рис. 14-15 характеризуют масштаб ремонтно-модернизационных работ, проводимых на крупнотоннажном металлорежущем оборудовании.

В июле 2015 года в паротурбинном цехе после завершения капитального ремонта и модернизации введен в эксплуатацию продольно-фрезерный станок-гигант модели НС-33Ф2 (рис. 16). Этот обрабатывающий центр предназначен для комплексной обработки крупногабаритных деталей паровых и гидротурбин сложной конфигурации. Ремонтно-модернизационные работы на этом станке совместно с инженерно-техническими и ремонтными службами ПАО «Турбоатом» около двух лет выполнялись специалистами компании Вальдрих Кобург. Реновация основных узлов НС-33Ф2, в частности суппорта и направляющих, выполнена в Германии. Станок оснащен необходимыми новыми универсальными головками и новой системой ЧПУ фирмы Сименс.



Рисунок 14 – Общий вид ремонтно-модернизационной платформы обрабатывающего центра с ЧПУ фирмы Вальдрик Кобург



Рисунок 15 – Рабочий момент капитального ремонта и модернизации станка фирмы Шисс

Выполненная реконструкция продольно-фрезерного станка модели НС-33Ф2 повысила точность и качество обработки деталей. Благодаря применению современной фрезерной головки появилась возможность пятикоординатной обработки сложнопрофильных деталей. Объединение операций технологического процесса позволяет теперь снизить трудоемкость и сократить производственный цикл, вернуть на предприятие работы, выполнявшиеся по кооперации в домодернизационный период.



Рисунок 16 – Капитальный ремонт и модернизация специального продольно-обрабатывающего станка с ЧПУ модели NS-33Ф2

В августе 2015 года, после ремонта и модернизации, выполненных инженерно-техническими и ремонтными службами предприятия, в литейном цехе прошел тестирование и начал работать токарно-карусельный станок модели 1516Ф1 с диаметром планшайбы 1,5 м и скоростью перемещения суппорта 1,8 м/мин. Наибольшие параметры обрабатываемой заготовки: диаметр – 1,6 м, высота – 1 м, масса – 6,3 т. Основная задача этого станка – предварительная обработка заготовок из цветного литья, на участке которого он установлен, что позволяет замкнуть цикл производства деталей из такого литья в цехе. Передача готовых деталей в основное производство значительно ускорит его цикл.

В соответствии с программой технического перевооружения предприятия и в соответствии с подписанным в 2013 году контрактом с чешской фирмой Шкода [8] выполняется модернизация горизонтально-расточного станка (рис. 17).

Также по плану технического перевооружения в 2015 году запланирован пуск продольно-фрезерного станка модели 6640Ф2 в цехе механообрабатывающего и сварочного производства (рис. 18).



Рисунок 17 – Модернизация горизонтально-расточного станка модели W-200 фирмы Шкода



Рисунок 18 – Капитальный ремонт и модернизация продольно-фрезерного станка с ЧПУ модели 6640Ф2

Заключення. Расширение технологических возможностей предприятия является необходимым условием успешной конкуренции в условиях мирового экономического кризиса и обострения глобального соперничества в энергетическом машиностроении. ПАО «Турбоатом» видит в этом как источник обеспечения динамичного развития производства собственных разработок, так и выхода на мировой рынок с высокотехнологичными изделиями конкурирующих фирм на правах их лицензиата, что просматривается, например, в уже обозначенных перспективах сотрудничества с представляющей крупнейшую многоотраслевую производственную группу Японии фирмой Мицубиси Хеви Индастриз в отношении совместного производства для рынков СНГ паровой турбины мощностью 600 МВт, рассчитанной для работы на сверхкритических параметрах [13].

В первом полугодии 2015 года ПАО «Турбоатом» вложило 20,8 млн. грн. в собственное техническое перевооружение и капитальный ремонт.

Предприятием отгружены ряды рабочих лопаток для Южно-Украинской АЭС, Змиевской и Трипольской ГЭС в Украине, две гидравлические турбины для ДнепроГЭС-2 №5 (Украина) и Новосибирской ГЭС №3 (Россия), закладные части для Кременчугской ГЭС №5 (Украина) и Новосибирской ГЭС №4 (Россия), оборудование для Днестровской ГАЭС №3, Кременчугской ГЭС №9 (Украина) и ГЭС Ингури (Грузия).

Доход от реализации продукции ПАТ «Турбоатом» в первом полугодии 2015 года составил 1 млрд. 374 млн. грн. с темпом роста 124 % к аналогичному периоду 2014 года. Удельный вес экспорта в общем объеме реализации составил 65 % [12].

Вся более чем 80-летняя история феномена инноваций, надежности и успеха ПАО «Турбоатом» в мировом энергетическом машиностроении [8] свидетельствует о привлекательности инженерно-научного творчества в его тематическом поле, перспективности интеллектуальных и финансовых инвестиций в его деятельность.

Список использованных источников: 1. *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science: NSF/DOC – sponsored report / Ed. by M. C. Roco and W. S. Bainbridge.* – Arlington, Virginia: National Science Foundation, June 2002. – 424 p. – Режим доступа : <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/1/NBIC-report.pdf>. 2. Турбоатому - 75. История, достижения, перспективы / В. Г. Субботин (ред.), А. А. Бугаец (ред.). – Харьков : Золотые страницы, 2009. – 200 с. 3. Левченко, Е. В. Опыт ОАО «Турбоатом» в разработке и модернизации турбин для АЭС / Е. В. Левченко, В. Л. Швецов И. И. Кожешкурт, А. Н. Лобко // Вестн. Нац. техн. ун-та «Харьк. политехн. ин-т». Сер.: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – 2010. – № 3. – С. 5-11. 4. Интервью с генеральным директором ОАО «Турбоатом» В. Г. Субботиным / Беседу записал : В. В. Дмитрик // Автоматическая сварка. – 2014. – № 12. – С. 3-4. 5. Меньшиков, С. О. Внесок харківських вчених у розвиток атомної енергетики / С. О. Меньшиков // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Сер. : Історія науки

- і техніки. – 2013. – № 48. – С. 91-100. **6.** *Меньшиков, С. О.* Співпраця кафедри турбінобудування ХПІ з Харківським турбінним заводом / *С. О. Меньшиков* // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Сер.: Історія науки і техніки. – 2012. – № 42. – С. 73-80. **7.** *Завистовская, Е. И.* Проблемы прочности в турбостроении и развитие школы механики НТУ «ХПИ» / *Е. И. Завистовская, А. А. Ларин* // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Сер.: Історія науки і техніки. – 2009. – № 48. – С. 40-49. **8.** *Субботин, В. Г.* «Турбоатом» – это 80 лет инноваций, надежности и успеха / *В. Г. Субботин*, интервью. Провела: *О. Щукина* // Турбоатом : газ. трудового коллектива ОАО «Турбоатом». – 6 февр. 2014 г. – № 1 (4784). – С. 1-2. – Режим доступа : <http://www.turboatom.com.ua/content/documents/27/2673/files/2014-02-06.pdf>.
- 9.** *Лисачук, Г. В.* Загальна характеристика напрямів науково-технічної співпраці вчених Харківського політехнічного інституту з промисловими підприємствами господарського комплексу Радянського Союзу у 1950 – 1980-х роках / *Г. В. Лисачук* // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Сер.: Історія науки і техніки. – 2011. – № 1. – С. 90-99.
- 10.** *Машинобудівний факультет. 125 років у складі ХПІ: монографія / За заг. ред. А. І. Грабченка і М. С. Степанова.* – Х.: Вид-во «Курсор», 2010. – 212 с. **11.** Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт» [Официальный сайт; г. Харьков, Украина]. – Режим доступа : <http://www.kpi.kharkov.ua>. **12.** ПАТ «Турбоатом» [Официальный сайт; г. Харьков, Украина]. – Режим доступа : <http://www.turboatom.com.ua>. **13.** *Бугаец, А. А.* С уверенностью в завтрашнем дне / *А. А. Бугаец, В. Г. Субботин*, пресс-конф. Подготовил: *А. Корбут* // Турбоатом : газ. трудового коллектива ОАО «Турбоатом». – 29 янв. 2009 г. – № 3 (4605). – С. 1-2. – Режим доступа : <http://www.turboatom.com.ua/content/documents/1/65/files/2009-01-29.pdf>. **14.** *Ищенко, Г. И.* Реорганизация ремонтной службы предприятия – требование времени / *Г. И. Ищенко, А. Б. Килесо*, интервью. Провела: *М. Арестова* // Турбоатом : газ. трудового коллектива ОАО «Турбоатом». – 11 февр. 2009 г. – № 4 (4606). – С. 1-2. – Режим доступа : <http://www.turboatom.com.ua/content/documents/1/65/files/2009-02-11.pdf>.

Bibliography (transliterated): **1.** *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science.* NSF/DOC – sponsored report. Ed. by M. C. Roco and W. S. Bainbridge. Arlington, Virginia. National Science Foundation, June 2002. 424 p. Web. 15 Aug. 2015

<<http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/1/NBIC-report.pdf>>. **2.** *Turboatomu – 75. Istorija, dostizhenija, perspektivy.* V. G. Subbotin and A. A. Bugaec, ed. Kharkov: Zolotyе stranicy, 2009. Print.

- 3.** *Levchenko, E. V., et al.* "Opyt ОАО "Turboatom" v razrabotke i modernizacii turbin dlja AES." *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 3. 2010. 5-11. Print. **4.** "Interv'ju s general'nym direktorom ОАО "Turboatom" V. G. Subbotinym." V. V. Dmitrik, interviewer. // *Avtomaticheskaja svarka*. No. 12. 2014. 3-4. Print. **5.** *Men'shikov, S. O.* "Vnesok harkivsk'ikh vchenih u rozvitok atomnoj energetiki." *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 48. 2013. 91-100. Print. **6.** *Men'shikov, S. O.* "Spivpracja kafedri turbinobuduvannja KhPI z Harkivsk'im turbinnim zavodom." *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 42. 2012. 73-80. Print. **7.** *Zavistovskaja, E. I. and A. A. Larin.* "Problemy prochnosti v turbostroenii i razvitie shkoly mehaniki NTU "KhPI". *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 48. 2009. 40-49. Print. **8.** *Subbotin, V. G.* "Turboatom" – jeto 80 let innovacij, nadezhnosti i uspeha." Interview. O. Shhukina, interviewer. *Turboatom : gaz. trudovogo kollektiva "Turboatom" Public Corporation*. 6th Feb. 2014. No. 1. 1-2. Web. 15 Aug. 2015 <<http://www.turboatom.com.ua/content/documents/27/2673/files/2014-02-06.pdf>>. **9.** *Lisachuk, G. V.* "Zagal'na harakteristika naprjamiv naukovu-tehnicnoji spivpraci vchenih Harkivsk'ogo politehnicnogo institutu z promislivimi pidpriemstvami gospodars'kogo kompleksu Radjansk'kogo Sojuzu u 1950 – 1980-h rokah." *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 1. 2011. 90-99. Print. **10.** *Mashinobudivnij fakul'tet. 125 roki u skladi KhPI: Monografija.* A. I. Grabchenko and M. S. Stepanov, ed. – Kharkov: Izd-vo "Kursor", 2010. Print. **11.** *Nat. Tech. Univ. "Kharkov Polytechnic Inst."* Web. 15 Aug. 2015 <<http://www.kpi.kharkov.ua>>. **12.** "Turboatom" Public Corporation. Web. 15 Aug. 2015 <<http://www.turboatom.com.ua>>. **13.** *Bugaec, A. A. and V. G. Subbotin.* S uverennost'ju v zavtrashnem dne. Press conference. A. Korbut, ed. *Turboatom : gaz. trudovogo kollektiva "Turboatom" Public*

Corporation. 29th Jan. 2009. No. 3. 1-2. Web. 15 Aug. 2015
<<http://www.turboatom.com.ua/content/documents/1/65/files/2009-01-29.pdf>>. **14.** Ishhenko, G. I. and A. B. Kileo. "Reorganizacija remontnoj sluzhby predprijatija – trebovanie vremeni." Interview. M. Arestova, interviewer. *Turboatom : gaz. trudovogo kollektiva "Turboatom" Public Corporation*. 11th Feb. 2009. No. 4. 1-2. Web. 15 Aug. 2015
<<http://www.turboatom.com.ua/content/documents/1/65/files/2009-02-11.pdf>>. **9.** Bugaec, A. A. and V. G. Subbotin. S uverennoš'ju v zavtrashnem dne. Press conference. A. Korbut, ed. *Turboatom : gaz. trudovogo kollektiva "Turboatom" Public Corporation*. 29th Jan. 2009. No. 3. 1-2. Web. 15 Aug. 2015
<<http://www.turboatom.com.ua/content/documents/1/65/files/2009-01-29.pdf>>.