

УДК 62-585.2

Соловьев В.М., Папакица В.В., Шепеленко Г.А., Воробьев М.И.

**НОВЫЕ МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАТОЧНЫХ КОЛЕС ГИДРОТРАНСФОРМАТОРОВ****1. Введение**

На текущий момент наиболее крупными мировыми производителями гидротрансформаторов (далее ГТР) для автоматических коробок передач (далее АКП), являются следующие компании [1, 2]:

**Allison** (США, [www.allisontransmission.com](http://www.allisontransmission.com)).

Производитель автоматических коробок передач для коммерческих автомобилей средней и высокой мощности мирового уровня. Компанией освоен выпуск автоматических коробок передач для легковых автомобилей, автобусов, грузовиков, машин военного и специального назначения и пр. Компания **Stewart&Stevenson** (США, [www.stewartandstevenson.com](http://www.stewartandstevenson.com)) поставляет для компании Allison ГТР промышленного назначения. ГТР компании имеют высокие значения коэффициента трансформации на пусковом режиме:  $K_0 = 2,71 \dots 3,98$  и используются в дорожно-строительных и грузовых машинах, железнодорожном транспорте и пр.

**ZF Friedrichshafen AG** (Германия, сокр. ZF – Zahnradfabrik, [www.zf.com](http://www.zf.com)).

Один из ведущих производителей АКП для коммерческих автомобилей, колесных и гусеничных транспортных средств повышенной проходимости, в т.ч. военного назначения, морской, железнодорожной и авиационной промышленности мирового уровня.

**Voith** (Германия, [www.voith.com](http://www.voith.com)).

Подразделение компании Voith, специализирующееся на разработке гидравлических машин – **Voith Turbo**, является одним из мировых лидеров в производстве АКП с ГТР для автобусов и железнодорожного транспорта. В качестве самостоятельных узлов ГТР компании Voith используются на промышленных электростанциях для пуска газовых турбин.

**Twin-Disc** (США, <http://www.twindisc.com>).

Компания занимается производством АКП с ГТР для нефтегазовой промышленности, пожарных (в т.ч. предназначенных для тушения самолетов), строительных и дорожных машин, транспортной техники специального назначения. В качестве самостоятельных узлов ГТРы компании TWIN-DISC применяются в качестве привода для грязевых насосов и лебедок.

**Aisin Seiki** (Япония, [www.aisin.com](http://www.aisin.com)).

Компания является одним из основных производителей трансмиссий для легковых автомобилей в мире, входит в группу компаний Toyota. Одно из подразделений компании – Aisin AW, является производителем АКП с ГТР. Подразделение Aisin AW, ранее известное как Aisin-Warner, было основано в 1969г. как совместное предприятие между Aisin Seiki и BorgWarner. Сотрудничество было прекращено в 1987г.

**BorgWarner** (США, [www.borgwarner.com](http://www.borgwarner.com)).

Компания, занимающаяся производством трансмиссионных компонентов. Подразделение компании - BorgWarner Drivetrain Group, разрабатывает автоматические коробки передач с ГТР.

Менее крупными производителями ГТР мирового масштаба являются компании Jatco, Valeo, LuK и др.

В России наиболее крупным производителем литых лопаточных колес для ГТР является производственное объединение **ЛитМашДеталь** (Россия, [www.litmashdeta.ru](http://www.litmashdeta.ru)). Компанией освоено производство более 70 типоразмеров лопаточных колес ГТР с активным диаметром от 340 до 520 мм. Потребителями продукции компании являются:

– в России: ОАО «Муроммашзавод» г. Муром, ОАО «Промтрактор» г. Чебоксары, ОАО «ЧТЗ» г. Челябинск, ООО «ЧТЗ-Уралтрак» г. Челябинск, ОАО «Курганмашзавод» и ОАО «СКБМ» г. Курган, ОАО «Кировский завод» г. Санкт-Петербург;

– в Белоруссии: РГУП «БЕЛАЗ» г. Жодино, РГУП «МЗКТ» г. Минск;

– другие предприятия.

В Украине до 1991 г. изготовителем АКП с собственным производством ГТР был Львовский автомобильный завод, в последствии разделенный на несколько предприятий, одно из которых – ОАО «ЛЗГМП» (Львовский завод гидромеханических передач), занималось выпуском АКП с ГТР вплоть до 2005 г. В конце 2005 г. предприятие прекратило деятельность. Главными потребителями АКП производства ЛЗГМП являлись украинские автотранспортные предприятия и Ликинский автобусный завод (ЛиАЗ), г. Ликино-Дулёво, Россия (<http://liaz.gaz.ru>).

**2. Технологии изготовления лопаточных колес ГТР в серийном производстве.**

Номенклатура лопаточных колес современных серийных ГТР, применяемых как в АКП, так и в качестве самостоятельных узлов, в своем большинстве изготавливается с использованием двух наиболее распространенных технологий:

1. **Штамповочная технология** – ГТРы со сборными штампованными насосным и турбинным колесами, с креплением лопаток отгибаемыми язычками (рис. 1). Насосное и турбинное колеса изготовлены из листового стального проката (за исключением детали чаши насосного колеса, которая получается с использованием метода горячей штамповки). Колесо реактора изготовлено из алюминиевого сплава методом литья под низким давлением. ГТРы предназначены для использования в приводах мощностью до 425 л.с.

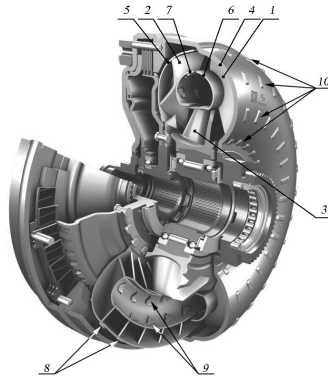


Рисунок 1 – Разрез ГТР (тип Allison) компании ZF, насосное и турбинное колеса которого изготовлены методом штамповки

Лопатки 1 насосного колеса имеют лепестки, предназначенные для вставки в прорези, выполненные в области тора насосного колеса 6, и в несквозные выштамповки 10, выполненные в чаше насосного колеса 4. При сборке насосного колеса лепестки лопаток, вставленные в прорези тора 6, загибаются. Аналогично лопаткам насосного колеса, лопатки 2 турбинного колеса имеют лепестки 8 и 9, вставляемые в прорези тора 7 и чаши 5. При сборке турбинного колеса лепестки лопаток загибаются. Колесо реактора 3 выполняется методом литья.

После сборки насосного и турбинного колес, с целью увеличения гидравлического КПД ГТР за счет уменьшения внутренних утечек и перетеканий, прорези для вставки лепестков лопаток в торах насосного 6 и турбинного 7 колес, чаше турбинного колеса 5 могут подвергаться пайке [2].

2. **Технология литья.** Все лопаточные колеса ГТР изготавливаются из алюминиевых (рис. 2), реже стальных и других сплавов [2, 3]. Изготовленные данным методом лопаточные колеса ГТРов предназначены для эксплуатации на машинах с двигателем мощностью порядка 425 л.с. и выше.

Традиционными методами получения отливок рабочих колес ГТР являются литье под низким давлением и гравитационное литье в песчаные или гипсовые формы. Получение форм осуществляется либо путем составления из отдельных стержней (рис. 3), либо путем получения единого стержня.

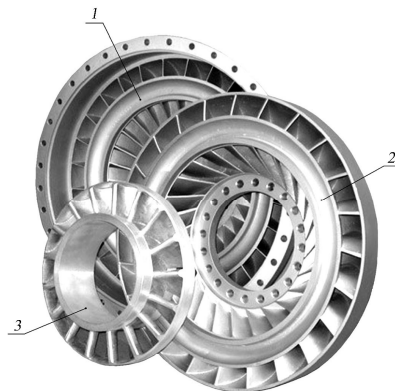


Рисунок 2 – Лопаточные колеса ГТР (тип Allison) компании «ЛитМашДеталь», изготовленные методом литья: 1 – насосное колесо; 2 – турбинное колесо; 3 – колесо реактора

Также в последнее время для получения отливок лопаточных колес ГТР получил метод литья с использованием технологии холодно твердеющих смесей. Технология холодно-твердеющих смесей (ХТС, COLD-BOX, COLD-BOX-AMIN) является разновидностью изготовления песчаных стержней, которая основана на процессе образования полиуретана с использованием в качестве катализатора третичного амина. После составления литевой формы, она подвергается продувке третичным амином (третичный амин – соединение, производное аммиака, в молекуле которого три атома водорода замещены на углеводородные радикалы). Применение данной технологии по сравнению с традиционным методом литья в песчаные формы позволяет исключить газовую пористость, повысить точность размеров и снизить класс шероховатости получаемых в отливке поверхностей.



Рисунок 3 – Литевая форма насосного колеса, полученная с использованием отдельных наборных стержней

Выбор одной из двух упомянутых технологий изготовления лопаточных колес зависит от выдвигаемых требований к прочности ГТР. Требования прочности обуславливаются максимальной мощностью двигателя и, в большей степени, максимальным крутящим моментом на выходе из ГТР на пусковом режиме  $M_{20}$ . Так, в результате проведенного анализа было установлено, что ГТРы компании Allison в составе АКП серий HT 700, CLBT 750 и их модификаций, а также других серий высоконагруженных АКП, имеют лопаточные колеса ГТР изготовленные с использованием технологии **литья**. Упомянутые АКП имеют значение крутящего момента на выходе из ГТР на пусковом режиме  $M_{20} \geq 3195 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (325,7 кгс·м). ГТР с меньшим крутящим моментом на валу турбинного колеса на пусковом режиме изготавливаются с использованием технологии штамповки.

**3. Разработка и применение альтернативных методов получения отливок лопаточных колес ГТР в Украине.** Использование традиционных методов получения отливок рабочих колес ГТР зачастую требует применения дорогостоящего оборудования для литья под давлением, что увеличивает себестоимость изготавливаемой продукции. Поэтому для снижения расходов и упрощения технологического процесса были применены методы литья, ранее не использовавшиеся для серийного изготовления лопаточных колес ГТР.

3.1. Изготовление лопаточных колес ГТР с использованием метода центробежного литья [4].

Описание: получение литевой формы осуществляется на основе использования восковых моделей лопаток, набранных моноблоком в кокильную форму, с последующей их заливкой гипсовым составом. Затем моноблок нагревается, происходит его сушка и выплавление восковых вставок. В дальнейшем полученный единый стержень вставляется в кокильную форму, формирующую наружные поверхности колеса лопаточного рабочего колеса. Непосредственно перед началом литья, форма нагревается и устанавливается на стол центробежной литейной машины. Стол приводится во вращение и при достижении установленного числа оборотов литевая форма заполняется алюминиевым сплавом.

Применение метода литья на основе использования единого песчаного или гипсового стержня широко используется в серийном производстве лопаточных рабочих колес ГТР. Метод позволяет получить необходимую точность отливок по сравнению с методом наборных стержней и исключает брак, вызванный смещением стержней при заливке формы сплавом.

Отличительной особенностью описанного метода является использование центробежной литейной машины, разработанной инженерами специализированного предприятия «Восход Лиз», г. Харьков. Ее применение позволяет осуществить полноценное заполнение трудно проливаемых участков (обычно этими участками в рабочих колесах ГТР являются входные и выходные кромки лопаток) размером вплоть до 0,5...1 мм, а также обеспечить высокую плотность металла и отсутствие литейных раковин.

Данный результат достигается путем дополнительного регулируемого воздействия на расплавленный алюминиевый сплав (помимо силы тяжести) центробежных сил.

В настоящее время метод совершенствуется с целью дальнейшего снижения себестоимости изготовления с одновременным сохранением достигнутых высоких показателей качества отливок. На основе применения данного метода начато серийное производство **насосных** и **турбинных** колес для ГТР типа Allison.

3.2 Изготовление лопаточных колес ГТР с использованием метода оболочкового литья с карбамидными стержнями [5].

Описание: первоначально из наборных карбамидных стержней (рис. 4) составляется форма, полости которой в дальнейшем заполняются воском. Затем карбамидные стержни растворяют с получением восковой модели (рис. 5) готового лопаточного колеса. После этого восковая модель покрывается многослойным керамическим составом и сушится, с вытапливанием восковой основы. Полученная пустотелая керамическая оболочка используется для производства отливки.



Рисунок 4 – Карбамидные стержни, предназначенные для получения восковой модели лопаточного колеса

По сравнению с традиционными методами предложенный подход позволяет повысить точность отливки, улучшить качество поверхностей лопаток и межлопаточных каналов, снизить стоимость изготовления рабочих колес ГТР при крупносерийном производстве. На основе применения данного метода начато серийное производство **реакторных** колес для ГТР типа Allison.



Рисунок 5 – Восковая модель колеса реактора, полученная на основе использования карбамидных стержней и предназначенная для получения пустотелой керамической литевой формы

## Выводы

1. Представлены две основные технологии получения лопаточных колес современных ГТР, применяющиеся в серийном производстве мировыми производителями: технология с использованием литья и технология, основанная на применении штамповочного оборудования. Для ГТРов, использующихся в автоматических коробках передач производства компании Allison, на основе критерия прочности установлена граница перехода от одной технологии изготовления к другой: для наиболее нагруженного колеса ГТР – турбинного, на основе проведенного анализа определена величина переходного значения крутящего момента на пусковом режиме  $M_{20} = 3195 \text{ Н}\cdot\text{м}$  (325,7 кгс·м).

2. Впервые в Украине для получения лопаточных рабочих колес ГТР разработаны и успешно внедрены методы центробежного литья и литья в оболочковые формы (рис. 6).

3. Наличие отечественных производителей по изготовлению высококачественных лопаточных колес для ГТР различных конструкций открывает широкую перспективу по разработке и внедрению современных образцов гидродинамических трансформаторов для их использования в машиностроительной отрасли промышленности Украины.

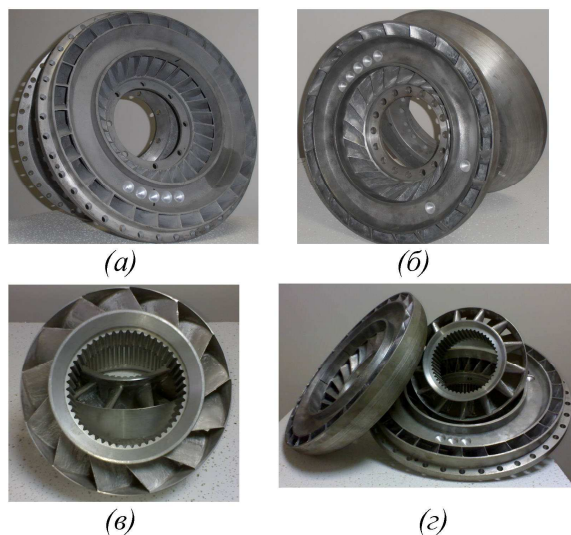


Рисунок 6 – Отливки рабочих колес: (а) – насосные колеса, и (б) – турбинные колеса, полученные с использованием метода центробежного литья; (в) – колеса реактора, полученные с использованием метода литья в оболочковые формы; (г) – комплект рабочих колес ГТР

### Литература

1. Алексапольский Д. Я. Гидродинамические передачи / Дмитрий Яковлевич Алексапольский. – Л.: MashGiz, 1963. – 272 с.
2. Нарбут А. Н. Гидротрансформаторы / Андрей Николаевич Нарбут. – М.: Машиностроение, 1966. – 215 с.
3. Галдин Н.М. Цветное литье: справочник / Галдин Н.М., Чернега Д.Ф., Иванчук Д.Ф., Моисеев Ю.В., Чистяков В.В. – М.: Машиностроение, 1989. – 527 с.
4. Степанов Ю.А. Технология литейного производства. Специальные виды литья / Степанов Ю.А., Баландин Г.Ф., Рыбкин В.А. – М.: Машиностроение, 1983. – 289 с.
5. Дошкарж И. Производство точных отливок / Дошкарж И., Габоиель Я., Гоушть М., Павелка М. – М.: Машиностроение, 1979. – 297 с.

### Bibliography (transliterated)

1. Aleksapol'skij D. Ja. Hidrodinamicheskie peredachi Dmitrij Jakovlevich Aleksapol'skij. – L.: MashGiz, 1963. – 272 p.
2. Narbut A. N. Hidrotransformatory Andrej Nikolaevich Narbut. – M.: Mashinostroenie, 1966. – 215 p.
3. Galdin N.M. Cvetnoe lit'e: spravocnik Galdin N.M., Chernega D.F., Ivanchuk D.F., Moiseev Ju.V., Chistjakov V.V. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 527 p.
4. Stepanov Ju.A. Tehnologija litejnogo proizvodstva. Special'nye vidy lit'ja Stepanov Ju.A., Balandin G.F., Rybkin V.A. – M.: Mashinostroenie, 1983. – 289 p.
5. Doshkarzh I. Proizvodstvo tochnyh otlivok Doshkarzh I., Gaboiel' Ja., Gousht' M., Pavelka M. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 297 p.

УДК 62-585.2

Соловйов В.М., Папакіца В.В., Шепеленко Г.А., Воробйов М.І.

### НОВІ МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛОПАТКОВИХ КОЛІС ГІДРОТРАНСФОРМАТОРІВ

У статті наведено опис основних технологій серійного виготовлення лопаткових коліс сучасних гідротрансформаторів. Представлено результати розробки та практичного застосування альтернативних методів виготовлення лопаткових коліс гідротрансформаторів.

Solovyov V.M., Papakitsia V.V., Shepelenko G.A., Vorobyov M.I.

**THE NEW METHODS OF MANUFACTURING OF TORQUE CONVERTERS BLADE WHEELS**

The article contains the description of basic technologies for serial manufacturing the blades wheels of modern torque converters. The results of development and practical applications of alternative method for the manufacture of casting torque converters blades wheels are showed.