

ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВЫХ И ГАЗОДИСПЕРСНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ОТДЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: itm12@ukr.net

Приводится информация о разработанных за последние пять лет в Институте технической механики Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины математических моделях, алгоритмическом и программном обеспечении для численного моделирования течений газовых и газодисперсных химически реагирующих неравновесных смесей. Предметная направленность связана как с разработкой объектов ракетно-космической техники, так и с научным сопровождением отдельных технологических процессов. В части ракетно-космической техники рассмотрены вопросы создания программно-методического обеспечения и проведения с его использованием исследований по следующим направлениям: аэрогазодинамика оснащенных крыльями и органами управления полных компоновок ракет-носителей, истечение струй продуктов сгорания топлива ракетного двигателя с учетом догорания при смешивании с воздухом и влияния подвода капельной воды на параметры струи, течения воздуха в каналах воздухозаборных устройств, смешение углеводородного топлива со спутным потоком воздуха и его горение в камерах сгорания прямоточных воздушно-реактивных двигателей, выбор и обоснование проектных параметров жидкостной реактивной системы верхних ступеней ракет-носителей в условиях питания управляющих блоков из топливных магистралей маршевого двигателя. В части технологических процессов рассмотрены вопросы: горения сухих и влагонасыщенных частиц угля в горячем потоке топливно-воздушной смеси, влияния взаимодействия частиц газодисперсного потока со стенками канала и между собой на формирование течения смеси газа и частиц разного размера. Актуальность работ определяется требованиями усовершенствования и создания новых элементов ракетно-космической техники и повышения эффективности сжигания пылевидного угля и пневмотранспортировки газодисперсных смесей в трубах

Ключевые слова: газовые и газодисперсные течения, химически неравновесные смеси, полные компоновки ракет-носителей, сверхзвуковые ракетные струи, смешение и догорание струй, воздухозаборное устройство, прямоточный воздушно-реактивный двигатель, жидкостная реактивная система, воспламенение и горение влагонасыщенных частиц, автоколебательный режим течений, столкновения частиц со стенками канала.

1. Тимошенко В. И. Теоретические основы технической газовой динамики. Киев: Наукова думка, 2013. 426 с.
2. Тимошенко В. И. Комп'ютерне моделювання аеротермогазодинамічних процесів у технічних об'єктах (ракетно-космічна техніка, енергетика, металургія). Вісник НАН України. 2017. № 3. С. 24–37.
3. Галинский В. П., Тимошенко В. И. Проблемы создания научно-методического обеспечения по аэрогазодинамике ракет-носителей. Космическая наука и технология. 1998. Т. 4. № 2/3. С. 64–72.
4. Тимошенко В. И., Галинский В. П. О численных исследованиях в ИТМ НАНУ и НКАУ сверхзвукового обтекания тел с крыльями переменной стреловидности. Техническая механика. 2011. № 3. С. 11–22.
5. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Численное моделирование сверхзвукового обтекания ракет-носителей, оснащенных тонкими органами управления и стабилизации. Космічна наука і технологія. 2017. Т. 23. №5. С. 54–59.
6. Тимошенко В. И., Белоцерковец И. С. Численное моделирование струйных течений для объектов ракетно-космической техники. Космическая наука и технологии. 1999. Т. 5. № 1. С. 78–89.
7. Тимошенко В. И. Однородный алгоритм расчета истечения вязкой сверхзвуковой струи продуктов сгорания реактивного двигателя в затопленное пространство при подаче воды в тело струи. «Компьютерная гидромеханика». Материалы 4-ой международной научно-практической конференции ИГМ НАНУ. Киев. 29–30 сентября 2016. С. 62–63.
8. Тимошенко В. И., Дешко А. Е. Численное моделирование истечения сверхзвуковой многокомпонентной химически-реагирующей струи продуктов сгорания ракетного двигателя. Космічна наука і технологія. 2017. Т. 23, № 6. С. 3–11.
9. Тимошенко В. И. Математическое моделирование турбулентных химически-реагирующих течений газовых и двухфазных смесей в струях и каналах. Техническая механика. 2013. № 4. С. 123–135.
10. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Торможение ламинарного сверхзвукового потока в плоском канале при наличии противодавления. Техническая механика. 2013. № 2. С. 56–63.
11. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Влияние вдува струй на торможение воздушного сверхзвукового потока в канале. Техническая механика. 2013. № 3. С. 3–9.

12. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Торможение сверхзвукового потока в осесимметричном канале переменной формы. *Техническая механика*. 2014. № 1. С. 11–15.
13. Тимошенко В. И., Дешко А. Е. Особенности торможения сверхзвукового потока в канале переменного сечения. *Техническая механика*. 2016. № 1. С. 3–10.
14. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Особенности алгоритмов расчета течения в канале воздухозаборного устройства с противодавлением. *Техническая механика*. 2017. № 3. С. 16–22.
15. Тимошенко В. И., Дешко А. Е. Влияние массового состава воздушно-водородной струи на ее воспламенение и горение в спутном сверхзвуковом потоке воздуха. Модели и методы аэродинамики. Материалы 14 ой Международной школы-семинара. М.: МЦНМО, 2014. С. 138–140.
16. Тимошенко В. И., Дешко А. Е. О влиянии массового состава неравновесной воздушно-водородной струи на интенсификацию процесса горения в спутном сверхзвуковом потоке воздуха. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2014. Т. 110. № 35. С. 52–57.
17. Тимошенко В. И., Дешко А. Е. К вопросу о рациональной организации процессов смешения и горения в камере сгорания ПВРД. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2015. Т. 125, № 8. С. 75–81.
18. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Влияние способов подачи смеси горючих компонентов в воздушный сверхзвуковой поток на характеристики течения при его торможении в канале. Модели и методы аэродинамики. Материалы 13-ой Международной школы-семинара. М.: МЦНМО, 2013. С. 201–202.
19. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Дураченко В. М., Анищенко В. М., Корельский А. В. Особенности совместной работы управляющих двигателей малой тяги и маршевого двигателя III ступени РН «Циклон-4». IV Международная конференция «Космические технологии: настоящее и будущее», Тезисы докладов. Днепропетровск, 2013. С. 237–238.
20. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Дураченко В. М., Анищенко В. М. Вопросы отработки управляющей жидкостной реактивной системы с питанием из магистралей маршевого двигателя последней ступени ракеты-носителя. *Космічна наука і технологія*. 2016. Т. 22. № 1. С. 20–35.
21. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Дураченко В. М., Анищенко В. М., Корельский А. В. Расчетно-методическое обеспечение наземной отработки жидкостной реактивной системы управления движением III ступени РКН «Циклон-4». *Космическая техника. Ракетное вооружение*. 2015. Вып. 3 (110). С. 3–14.
22. Тимошенко В. И. Квазигомогенная модель газодисперсных течений с химическими реакциями и фазовыми переходами. *Доповіді НАН України*. 2018. № 2. С. 34–42.
23. Тимошенко В. И. Влияние объемного распределения температуры в угольных частицах на их прогрев и воспламенение в газодисперсном потоке. *Инженерно-физический журнал*. 2014. Т. 87. № 4. С. 767–771.
24. Тимошенко В. И. Влияние объемного распределения температуры в угольных частицах на их прогрев и воспламенение в газодисперсном потоке. *Прикладная гидродинамика*. 2015. Т. 17. № 2. С. 64–72.
25. Тимошенко В. И., Галинский В. П. Истечение газа из емкости в среду с противодавлением в условиях интенсивного подвода тепла. *Инженерно-физический журнал*. 2008. Т. 77. № 3. С. 530–537.
26. Тимошенко В. И., Галинский В. П. О возникновении автоколебательного режима истечения газа и газокapельной смеси из емкости в среду с противодавлением. *Инженерно-физический журнал*. 2013. Т. 86. № 1. С. 116–125.
27. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Щербаков В. И. Методика расчетного определения гидравлического сопротивления газодисперсного потока. *Техническая механика*. 2017. № 4. С. 24–34.
28. Тимошенко В. И., Кнышенко Ю. В., Щербаков В. И. Особенности влияния размера частиц газодисперсного потока на их взаимодействия со стенками канала. *Техническая механика*. 2016. № 3. С. 24–34.

Получено 10.09.2018,
в окончательном варианте 01.10.2018