

УДК 629.764.07

Р. В. Михальчишин

*Государственное предприятие «Конструкторское бюро “Южное”
имени М. К. Янгеля»*

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД БОРЬБЫ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ УДАРОМ ПРИ ЗАПРАВКЕ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Описаны проблемные вопросы, возникающие при испытаниях заправочно-сливных трактов ракет-носителей. Также предложен и успешно внедрен ряд мероприятий, направленных на устранение гидравлического удара.

Ключевые слова: гидравлический удар, бак, заправка, слив, магистраль, давление, клапан.

Описано проблемні питання, що виникають під час випробувань заправно-сливних трактів ракет-носіїв. Також запропоновано і успішно впроваджено ряд заходів, спрямованих на усунення гідравлічного удару.

Ключові слова: гідравлічний удар, бак, заправка, злив, магістраль, тиск, клапан.

The article describes the problem questions arising during the LV filling-drain channels. Also proposed and successfully implemented a rank of measures that aimed at eliminating hydraulic shock.

Key words: hydraulic shock, tank, filling, draining, pressure pipe, valve.

Введение. Как известно, при работе наземных средств заправки компонентов топлива, а также при функционировании ПГСР РН огромную роль играют гидродинамические процессы. При их протекании на нестационарных участках, особенно при открытии/закрытии клапанов, а также при изменении режима работы двигателя возникает гидравлический удар, величина которого оказывает существенное влияние на работоспособность систем в целом.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка комплекса эффективных мероприятий для снижения гидравлического удара.

Подобная проблема возникла при разработке систем заправки РН «Циклон-4» в части испытаний его заправочно-сливного макета. На Рис. 1 приведена схема этой системы, в которую входят заправочно-сливные тракты, полностью соответствующие штатной конструкции РН, макеты баков, а также стендовая система заправки. Перед заправкой открывается клапан К1 (обводная линия насоса) и заполняются подводящие наземные магистрали, затем открываются бортовые заправочные клапаны ЗСК1 и ЗСК2. Заправка начинается с момента подачи команды на открытие наземного заправочного клапана. По достижении необходимого времени заправка завершается в обратной последовательности. При этом дренажные магистрали совмещены с наземными заправочными емкостями для сброса образовавшегося избыточного давления из баков Б1, Б2, Б3. В качестве заправляемого компонента использовалась вода, что позволяет легко пересчитать гидродинамические параметры системы для штатных компонентов (азотный тетраоксид, несимметричный диметил гидрозин).

Сложность рассматриваемого процесса вызвана ограничением длительности заправки, что приводит к необходимости одновременной заправки 1-й и 2-й ступеней. Целью испытаний являлось подтверждение работоспособности конструкции систем заправки и определение основных параметров, в том числе гидравлических ударов, возникающих в заправочных магистралях [1].

Основная часть. В ходе испытаний проводились замеры статических и динамических параметров давлений в разных местах бортовых и наземных комму-

никаций, расходов на выходе из насоса и на входе в бортовую магистраль. В таблице приведен перечень измеряемых параметров при испытаниях.

По показаниям датчиков процесс заправки проходил в нормальном режиме, за исключением моментов ее начала и окончания, где прослеживались большие забросы давлений.

На Рис. 2 приведены полученные на испытаниях экспериментальные данные. Как видим, забросы давления достигают 15 кгс/см² в момент начала и 26 кгс/см² в моменты окончания заправки, что не удовлетворяет предъявляемым требованиям бортовой системы заправки и приводит к деформации трубопроводов и потере его прочности [2]. На Рис. 3 приведены заправочные магистрали в исходном положении (а) и после гидравлического удара (б).

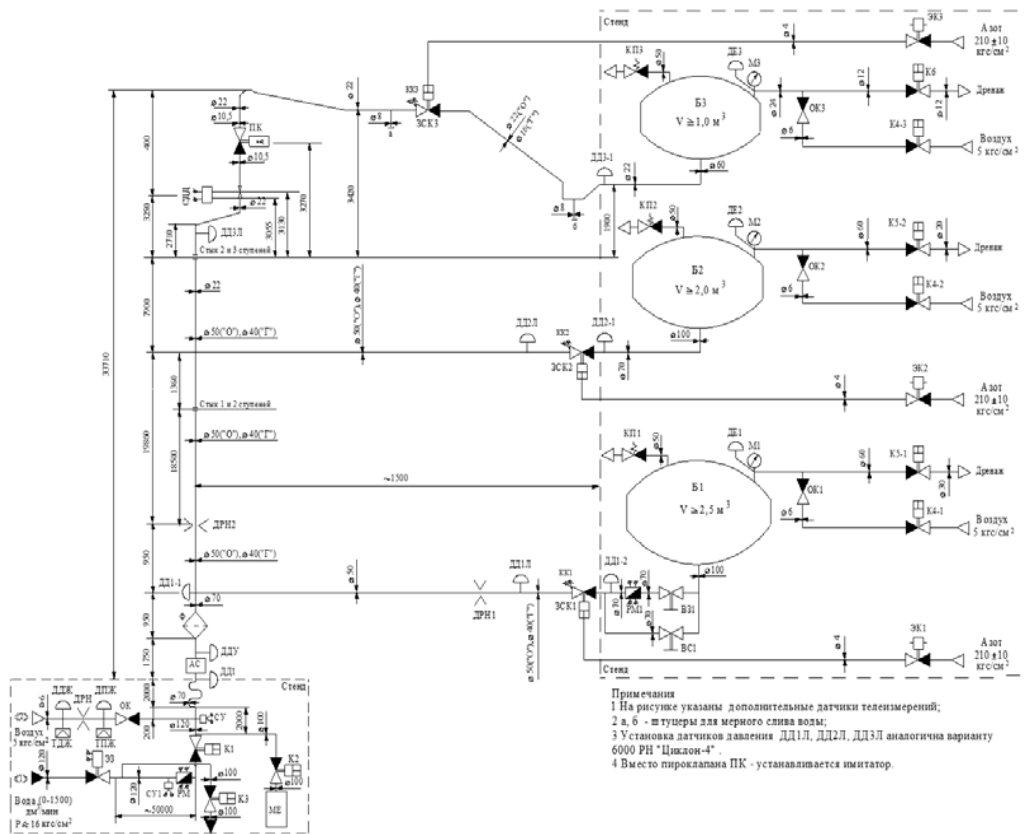


Рис. 1. Принципиальная схема стенда

Таблица

Перечень элементов принципиальной схемы стенда и измеряемых параметров

Обозначение	Наименование параметра
ДД1	Датчик давления воды на входе в ЗСМ
ДД1У	Датчик давления воды на входе в ЗСМ
ДДУ	Датчик колебаний давления в ЗСМ при сливе
ДД1-1	Датчик давления воды на входе в ЗСМ второй ступени
ДД1Л	Датчик давления воды перед ЗСК1
ДД1-2	Давление воды на выходе из ЗСМ первой ступени
ДД1-2У	Датчик давления воды на выходе из ЗСМ первой ступени
ДД2Л	Датчик давления воды перед ЗСК2
ДД2-1	Датчик давления воды на выходе из ЗСМ второй ступени

Обозначение	Наименование параметра
ДДЗЛ	Датчик давления воды в ЗСМ третьей ступени
ДДЗ-1	Датчик давления воды на выходе из ЗСМ третьей ступени
ДЕ1	Датчик давления в емкости Б1
ДЕ2	Датчик давления в емкости Б2
ДЕ3	Датчик давления в емкости Б3
М1	Датчик давления в емкости Б1
М2	Датчик давления в емкости Б2
М3	Датчик давления в емкости Б3
РМ	Расходомер воды на входе в установку
РМ1	Расходомер воды на выходе из ЗСМ первой ступени
СДД	Сигнализатор давления
СУ,СУ1	Сигнализатор наличия жидкости
ДДЖ	Датчик давления воздуха до жиклера ДРН
ДПЖ	Датчик давления воздуха после жиклера ДРН
ТДЖ1	Датчик температура воздуха до жиклера ДРН
ТПЖ1	Датчик температура воздуха после жиклера ДРН
К1	Наземный заправочный клапан
К3	Клапан обводной линии насоса
ЗСК1	Заправочный клапан первой ступени
ЗСК2	Заправочный клапан второй ступени
ЗСК3	Заправочный клапан третьей ступени

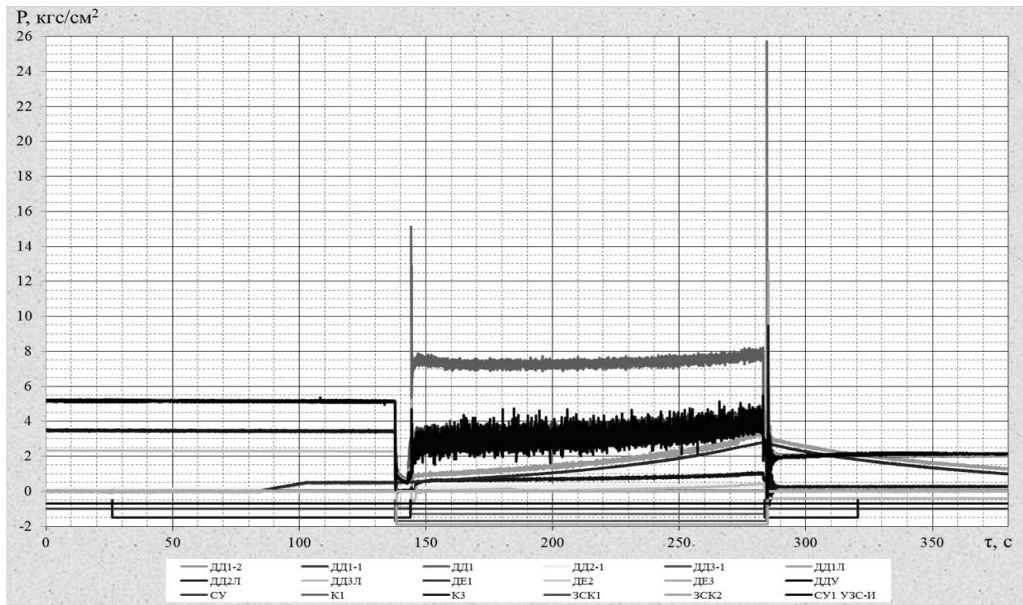


Рис. 2. Изменение давления при заправке (без принятых мероприятий)

Анализ возникших проблем и комплекс мер для их решения:

1. Исходя из формулы Жуковского [3] величина гидроудара зависит от скорости движения запорного элемента клапана. Как следствие этого, было принято решение увеличить время срабатывания наземных клапанов с 1с до 3с, это позволило уменьшить величину гидроудара с 15 кгс/см² до 9 кгс/см² в момент начала заправки и с 26 кгс/см² до 17 кгс/см² на момент завершения заправки, результаты такого испытания приведены на Рис. 4 [2].



a

б

Рис. 3. Изображение трубопроводов (а – до гидроудара, б – после гидроудара)

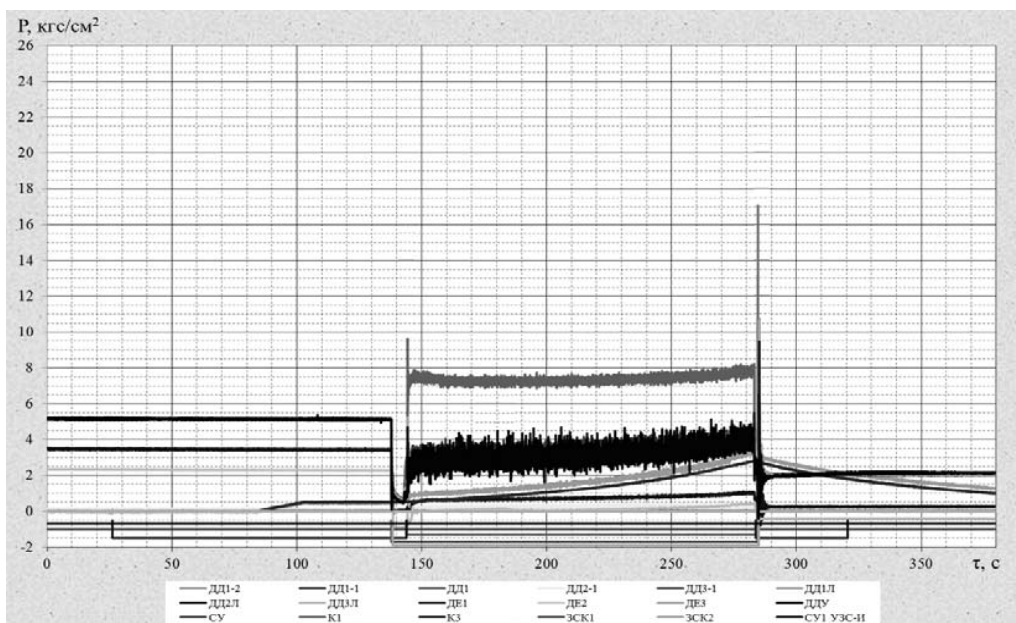


Рис. 4. Изменение давления после увеличения времени закрытия/открытия клапанов К1 и К3

2. Для режима заправки одной ступени РН задержка 2с между закрытием наземного К1 и бортового заправочных клапанов ЗСК1 является достаточной. Для совместной заправки 1-й и 2-й ступеней РН решили увеличить время задержки до 5с, что позволило еще уменьшить гидравлический удар при окончании заправки с 17 кгс/см² до 13 кгс/см², результаты изменения параметров по окончании процесса приведены на Рис. 5.

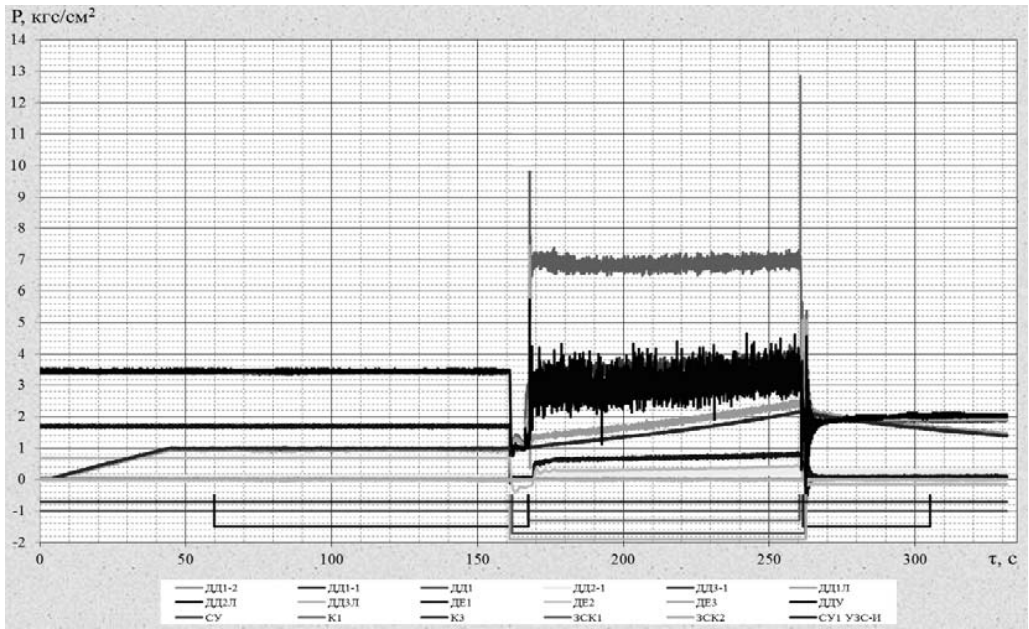


Рис. 5. Параметры давления после увеличения интервала времени между моментами срабатывания наземных К1, К3 и бортовых ЗСК1, ЗСК2 клапанов

3. Экспериментально удалось установить зависимость величины гидроудара от интервала времени между моментами подачи команды на закрытие наземного заправочного клапана и открытием обводной линии насоса. В ходе испытаний определено, что оптимальным является разнесение моментов срабатывания этих клапанов на 6с, это привело к тому, что гидравлический удар находится в допустимых пределах (не более 15 кгс/см² согласно [1]) и составил 10 кгс/см².

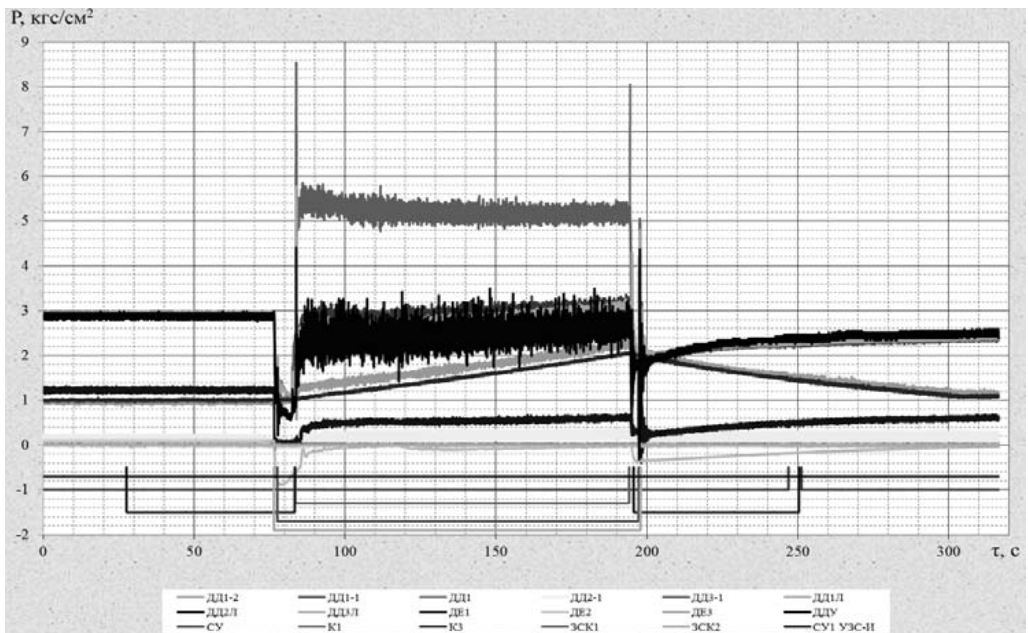


Рис. 6. Параметры давления после увеличения интервала времени между закрытием клапана К1 и открытием клапана К3

Выводы. Таким образом, разработан и принят комплекс мероприятий, который был реализован в стендовых условиях при имитации штатной технологии заправки РН «Циклон-4» топливных баков и подтвердил свою эффективность, понизив гидравлический удар до 10 кгс/см², что в пересчете на компонент не превышает максимально-допустимых значений из условий работоспособности системы.

В заключение автор выражает благодарность за содействие инженерам, участникам испытаний заправочного макета РН «Циклон-4» Кривовичеву Д. Ю., Лизенко Ю. П. и Назаренко Е. П.

Библиографические ссылки

1. ГП «КБ «Южное». Программа автономных испытаний гидравлических трактов Программа автономных испытаний пневмогидравлической системы подачи компонентов топлива заправки баков РН «Циклон-4» [Текст] / ГП «КБ «Южное»». – 14.7788.123 ПМ, 2006. – 7 с.
2. ГП «КБ «Южное»». Технический отчет по результатам анализа испытаний гидравлических трактов систем заправки баков окислителя и горючего РН «Циклон-4» [Текст] / ГП «КБ «Южное»». – 2Ц41.21.17978.123 ОТ, 2015. – 63 – 78 с.
3. Мошкин, Е. К. Нестационарные режимы работы ЖРД. [Текст] / Е. К. Мошкин. – М.: Машиностроение, 1970. – 128 с.
4. Беляев, Н. М. Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование [Текст] / Н. М. Беляев. – М.: Высш. шк., 1988. – 42 с.

Надійшла до редколегії 29.05.2015

УДК 621.7

**Т. М. Ніколайчук, І. В. Щелокова, І. О. Мамчур, С. І. Мамчур,
Н. Е. Калинина, Т. В. Носова**

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

ОПТИМІЗАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СПЛАВУ Т15К6 ТА СТАБІЛІЗАЦІЯ ЙОГО МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розглянуто найбільш поширені інструментальні матеріали. Вивчено технологію виготовлення прохідного різця з різальною пластиною із твердого сплаву Т15К6. Проведено дослідження властивостей спечених пластин: твердість, міцність у разі вигину, щільність, пористість, аналіз макро- і мікроструктури. Установлено, що у структурі матеріалу наявні мікропори.

Ключові слова: швидкорізальна інструментальна сталь, термічна обробка, металокерамічний твердий сплав, твердість за Вікерсом.

Рассмотрены наиболее распространенные инструментальные материалы. Изучена технология изготовления проходного резца с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6. Проведены исследования свойств спеченных пластин: твердость, прочность при изгибе, плотность, пористость, анализ макро- и микроструктуры. Установлено, что в структуре материала присутствуют микропоры.

Ключевые слова: быстрорежущая инструментальная сталь, термическая обработка, металлокерамический твердый сплав, твердость за Викерсом.