

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ СТАНИН ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОСТАТОВ ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ

Андреев А. А., Корчак Е. С.

Рассмотрены особенности конструкции и условий эксплуатации станин промышленных газостатов. Особое внимание уделено изучению их напряжённо-деформированного состояния. Проанализированы эпюры напряжений, деформаций, перемещений и срока службы при максимальном нагружении конструкции станины оптимальной металлоемкости. Дано подробное описание конструктивных особенностей таких станин. Обосновано выполнение стоек полыми с необходимостью их сопряжения с ригелями посредством проставок переменной жесткости. Разработаны рекомендации по проектированию конструкций станин промышленных газостатов оптимальной металлоемкости.

Розглянуто особливості конструкції та умов експлуатації станин промислових газостатів. Особу увагу приділено дослідженню їх пружно-деформованого стану. Проаналізовано епюри напруг, деформацій, переміщень та строку служби при максимальному навантаженні конструкції станини оптимальної металоємності. Дано докладний опис конструктивних особливостей таких станин. Обґрунтовано виконання стоек порожнистими з необхідністю їх сполучення з ригелями за допомогою проставок змінної жорсткості. Розроблено рекомендації з проектування конструкцій станин промислових газостатів оптимальної металоємності.

Constructive and operating peculiarities of industry hot isostatic presses frames are revealed. Special consideration is given to its stressed-and-deformed state investigation. Diagrams of strains, deformations, displacement and cycle life under maximum stressing of the frame with optimal metal intensity are analyzed. Detailed description of constructive features of such frames is given. Hollow columns design with the necessity of its coupling with the beams by means of spaces with variable hardness is substantiated. Practical recommendations of industry hot isostatic presses frames with optimal metal intensity designing are delivered.

Андреев А. А.

магистр ДГМА

Корчак Е. С.

докторант, канд. техн. наук, доц. ДГМА  
helen\_korchak@ukr.net

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.762

Андреев А. А., Корчак Е. С.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ СТАНИН ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОСТАТОВ ОПТИМАЛЬНОЙ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ

Станины промышленных газостатов являются ответственными тяжело нагруженными узлами, воспринимающими силовое воздействие со стороны контейнера и замыкающими на себе все действующие силовые нагрузки в технологическом процессе обработки порошковых материалов [1]. В связи с этим проектирование станин рациональной конструкции, обеспечивающих надёжную и долговечную эксплуатацию, является важной задачей при создании промышленных газостатов. Традиционно станины промышленных газостатов имеют следующие принципиальные особенности конструкции [2]:

– непосредственно станина является монолитной и состоит из двух кованных полуцилиндрических ригелей и двух литых стоек, представляющих в своем поперечном сечении прямоугольник;

– многослойная ленточная обмотка с предварительным натяжением охватывает наружную поверхность станины, собирая все её составные части воедино;

– собранная станина помещается на тележку и фиксируется на ней.

Однако станины подобной конструкции отличаются значительной громоздкостью и металлоёмкостью, а также не гарантируют отсутствия раскрытия стыков между ригелями и стойками под действием сил нагружения [3].

Таким образом, целью данной работы является разработка конструкций станин промышленных газостатов оптимальной металлоёмкости на базу исследования их напряженно-деформированного состояния и условий эксплуатации.

Как показывают исследования [3], наиболее нагруженными элементами станины являются ригели, непосредственно контактирующие с крышками контейнера и воспринимающие через них силовое воздействие, пропорциональное давлению внутри рабочего контейнера. Поэтому конфигурация и монолитное исполнение кованных ригелей являются обоснованными. Стойки же имеют повышенную металлоёмкость, обуславливающую их излишний запас прочности. Однако они являются самыми ненагруженными элементами конструкции станины, испытывающими напряжения сжатия от предварительного натяжения ленточной обмотки. При этом по мере нагружения ригелей (при реализации технологического процесса горячего изостатического прессования) стойки, как правило, разгружаются.

На рис. 1 приведена новая конструкция станины газостата, имеющая оптимальную металлоёмкость. В работе для проведения исследований был выбран (в качестве базового) промышленный газостат со следующими техническими параметрами:

– осевое усилие со стороны контейнера – 80 МН;

– рабочее давление – 200 МПа;

– максимальная рабочая температура – 2000°C;

– рабочий газ – азот;

– габариты рабочего пространства – диаметр 320 мм, высота 700 мм.

Как видно из рис. 1, стойки выполняются полыми (сечение А–А) с сохранением их исходной формы, обеспечивающей достаточную устойчивость, удобство сборки при нанесении обмотки необходимого натяжения, а также необходимую площадь поперечного сечения. Такие стойки могут быть легко получены литьем из чугуна, удовлетворительно работающего при воздействии сжимающих напряжений (в соответствии с диаграммой Смита) [4] в соответствии с типовыми циклограммами работы базового газостата [5].

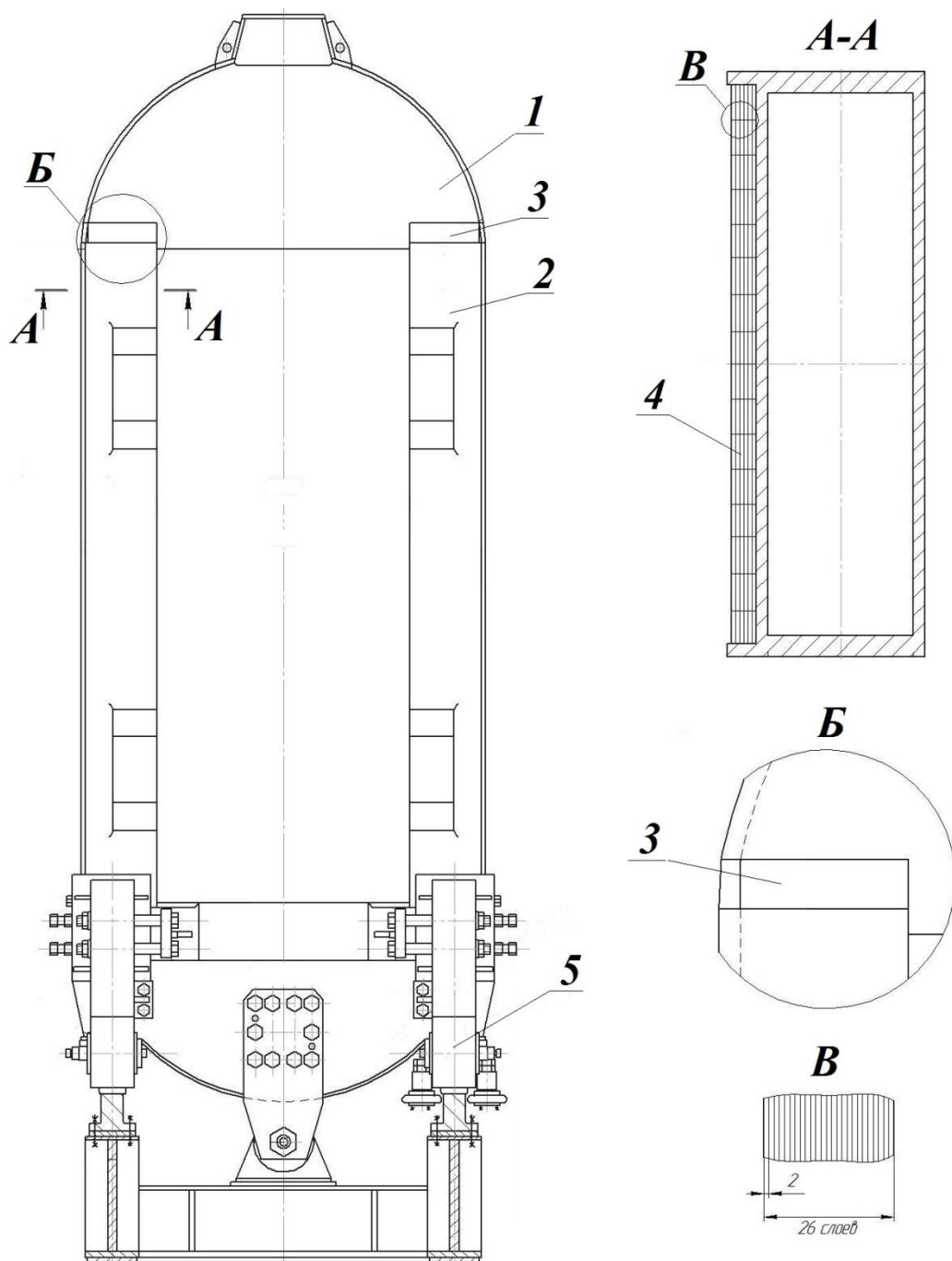


Рис. 1. Общий вид станины газостата оптимальной металлоемкости:

1 – ригель; 2 – стойка; 3 – проставка; 4 – обмотка; 5 – тележка; А-А – поперечное сечение стойки 2; Б – место сопряжения ригеля и стойки с проставкой; В – слоя обмотки

Проставки 3 (место Б рис. 1) обладают переменной жесткостью и выполняют функцию элемента перераспределения напряжений по поверхностям контакта ригелей и стоек.

Для оценки работоспособности новой станины был проведен анализ ее напряженно-деформированного состояния, результаты которого представлены на рис. 2. Количество циклов нагружения принималось 3000 в соответствии с технической характеристикой газостата базовой конструкции. Анализ напряженно-деформированного состояния выполнен с использованием программного продукта Simulation Xpress для Solid Works – 2012.

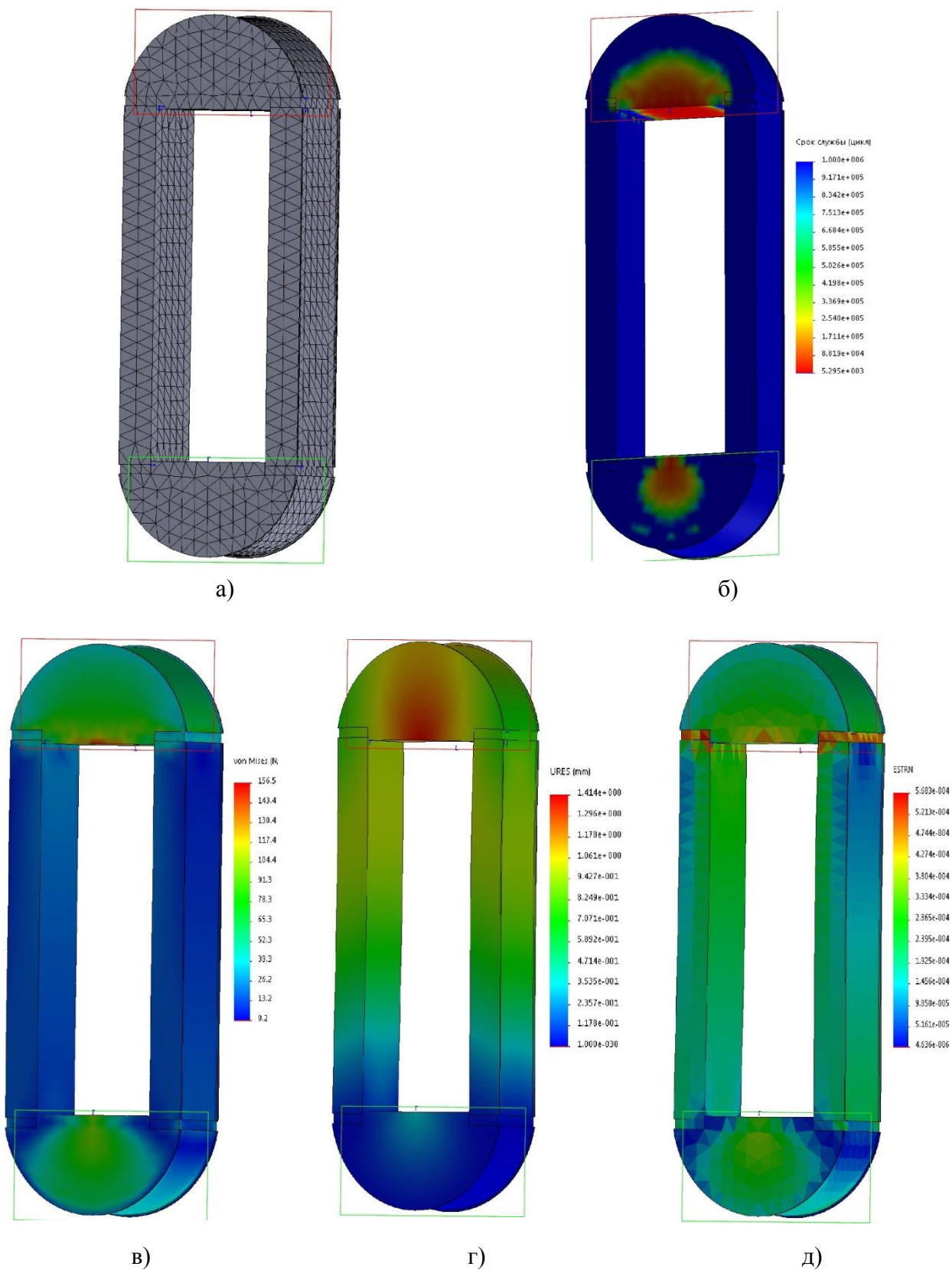


Рис. 2. Результаты анализа напряжённо-деформированного состояния конструкции станины газостата оптимальной металлоемкости:

а) – конечно-элементная сетка; б) – эпюра срока службы; эпюры результирующих значений в) – напряжений; г) – перемещений; д) – деформаций

Анализом напряженно-деформированного состояния установлено следующее.

В ригелях напряжения (рис. 2, в) уменьшаются от центральной части к периферии, компенсируясь за счет натяжения ленточной обмотки. Максимальные напряжения фиксируются по поверхности контакта верхнего ригеля с крышкой контейнера. Также высоки контактные напряжения в местах сопряжения верхнего ригеля с проставками. Нижний ригель менее нагружен, так как находится в фиксированном положении на тележке газостата.

Стойки газостата, как видно из рис. 2 в, являются полностью разгруженными. В исходном положении до подачи в рабочий контейнер давления в них возникают напряжения сжатия, пропорциональные величине силы натяжения ленточной обмотки и не превышающие допустимые значения (в качестве материала стоек при моделировании применяли чугун СЧ 20). Это подтверждается эпюрой перемещений (рис. 2, г), на которой видно, что крайние верхние концы стоек перемещаются вверх порядка на 1 мм при максимальном значении давления в рабочем контейнере.

Наиболее деформированными являются верхние проставки (рис. 2, д). При этом деформация верхнего ригеля вызывает незначительный изгиб стоек, деформации в которых распределяются равномерно по внутренним поверхностям с образованием зон концентрации в местах их контакта с верхними проставками и имеют допустимые величины. Однако следует заметить, что возникающие деформации в верхних проставках и ригеле при продолжительном нагружении переходят в разряд пластических, вызывая скорое появление усталостных трещин. Этот факт подтверждается аналогичными исследованиями [3].

С точки зрения критерия срока службы (рис. 2, б) наименее работоспособны ригеля и проставки вследствие возникновения повышенных контактных напряжений. Наименьшее значение срока службы приходится на верхний ригель. Стойки наиболее работоспособны.

Таким образом, приведенный анализ показал, что снижение металлоемкости станин промышленных газостатов возможно только за счет облегчения конструкций стоек как элементов, наименее нагруженных в процессе реализации машиной технологического процесса. При этом для обеспечения надежности и долговечности всей станины важным является рациональный подбор материалов для ригелей и проставок.

## ВЫВОДЫ

1. Элементы конструкции газостатов традиционных конструкций имеют повышенную металлоемкость, обуславливающую необоснованно высокий запас прочности.
2. Снижение металлоемкости станины газостата возможно за счет выполнения стоек полыми с поперечным сечением коробчатой формы. Подбор материала с учетом условий эксплуатации возможен с использованием диаграммы Смита.
3. Анализом напряженно-деформированного состояния станины газостата оптимальной металлоемкости подтверждена ее работоспособность при базовом цикле нагружений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 60 лет научно-конструкторской и производственной деятельности ВНИИМЕТМАШ. – М. : Наука, 2005. – С. 451–464.
2. Гарибов Г. С. Газостаты ВИЛСа / Г. С. Гарибов, Т. Ю. Глюстен // Заготовительные производства в машиностроении. – М. : Машиностроение, 2010 – №7. – С. 28–32.
3. Корчак Е. С. Современные технологии проектирования станин промышленных газостатов / Е. С. Корчак, О. А. Ковалева // Автоматизация и современные технологии. – М. : Машиностроение, 2014. – № 6 – С. 7-10.
4. Voß W. Wire-Wound Design / W. Voß, E. P. Warnke // Bulletin : Siempelkamp Magazine. – 2005. – № 2 – P. 12-106.
5. Андреев А. А. Разработка методики определения базовых параметров систем управления промышленными газостатами / А. А. Андреев, Е. С. Корчак // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2014. – № 2 (39). – С. 206–209.