



**«Разработка и внедрение дымовых труб  
и газоочистного оборудования из  
полимерных конструкционных  
материалов»**

**В.Б. Любановский,**

**Начальник отдела антикоррозионной защиты ОАО  
«Гипрогазоочистка-инжиниринг»**

Сентябрь 2009г.

Важное место в деятельности ООО «Гипрогазоочистка-инжиниринг» занимает конструирование технологического оборудования, газоходов, трубопроводов из конструкционных полимерных материалов, а также проектирование вытяжных башен, предназначенных для удаления вредных и агрессивных газов с газоотводящими стволами из полимерных материалов.

С учётом указанного, совершенствование структуры конструкционных материалов имеет исключительное значение и дает большой экономический эффект при строительстве производств, эксплуатируемых в условиях воздействия высокоагрессивных сред и в первую очередь предприятий черной и цветной металлургии.

Антикоррозионная защита технологического оборудования и газоходов в этих производствах традиционно выполнялась и в значительном объеме выполняется и в настоящее время в виде различных футеровок штучными кислотоупорными материалами в сочетании с непроницаемым подслоем из рулонных (полиизобутилен, гуммирование и т.д.) или латексных химстойких материалов. Недостатком таких антикоррозионных покрытий являются значительная их толщина, сокращающая полезный объем аппаратов, высокая материалоемкость (до 300 кг на 1 м<sup>2</sup> покрытия), вызывающая дополнительные расходы на усиление строительных конструкций.

Футеровочные работы трудоемки и практически не поддаются механизации, время необходимое на их ремонт в большинстве случаев превышает сроки плановых остановов предприятий. Оборудование, газоходы и газоотводящие стволы вытяжных башен нередко изготавливают из остродефицитных коррозионностойких сталей.

Анализ показывает, что применение полимерных материалов для изготовления конструкций, подвергающихся воздействию сильноагрессивных сред – один из наиболее эффективных путей повышения работоспособности этих конструкций и снижения потерь от коррозии.

Внедрение 1 т конструкционных полимерных материалов дает экономический эффект приблизительно от 30 до 50 тыс. руб.

Поэтому изготовление газоходов, газоотводящих стволов вытяжных башен и газоочистного оборудования из химически стойких полимерных материалов является наиболее перспективным путем сокращения материалоемкости конструкций, а также экономии коррозионностойких сталей при увеличении срока их безремонтной эксплуатации.



Основными видами слоистых пластиков, применяемых нами при проектировании являются: стеклопластики, бипластмассы (термопласт + стеклопластик), углестеклопластик, слоистые пластики на основе фаолита (текстофаолит, стеклофаолит, углестеклофаолит,).

Принципиальный подход к выбору полимерного материала заключается в разработке специальной структуры слоистого пластика с учетом условий эксплуатации конструкции в целом, т.е. температуры и состава как жидкой агрессивной среды, так и транспортируемых агрессивных газов, наличия давления или разрежения, габаритов конструкции или аппарата и технологии изготовления, физико-механических свойств материалов, объединенных в единую структуру, как слоистый пластик.

При проектировании конструкционный химстойкий полимерный материал рассматривается как слоистый пластик специальной структуры с разделением по слоям:

- лакирующий (гелькоут слой или защитный) – обладающий высокой химической стойкостью к агрессивной среде;

- конструкционный ( несущий) слой – обеспечивает несущую способность в целом, имеющий достаточные прочностные свойства, химстойкость этого слоя не является определяющей при выборе материала;

- огнезащитный слой – дополнительное покрытие огнезащитным составом, обеспечивающим перевод слоистого пластика в трудносгораемый полимерный материал;

- декоративный – лакокрасочный слой, при необходимости, по специальным требованиям, например, для дневной маркировки газоотводящих стволов в соответствии с требованиями в гражданской авиации.

В нашей практике в основном широко используется два вида конструкционных полимерных материала – это различные виды стеклопластиков и фаолит марок «В» и «Т».

Стеклопластик – армирующие стеклоткани, стеклосетки, стеклоровинги, стекломаты, пропитанные различными химстойкими смолами.

Фаолит – кислотоупорная пластическая масса, получаемая на основе фенолформальдегидной смолы и кислотоупорного наполнителя. В качестве наполнителя используется тальк, графит и соответственно фаолит выпускается 2-х марок: «В» и «Т».

Отвержденный фаолит обладает высокой химической стойкостью к кислым средам, кроме азотной и совершенно нестойк к щелочным и окислительным средам.



Фаолит отличается высоким температурным пределом применения. В настоящее время разработаны режимы полимеризации изделий из фаолита, позволившие повысить теплостойкость до 200<sup>0</sup> С.

Если раньше применение стеклопластиков сдерживалось из-за ограниченного ассортимента на нашем рынке специальных связующих (смол), стойких в высокоагрессивных средах и повышенных свыше 80<sup>0</sup> С температурах, то в настоящее время мы имеем широкую номенклатуру материалов ( смол ) для использования в качестве

связующего при формировании стеклопластиков, стойких до 160<sup>0</sup> С в высокоагрессивных средах.

Технология изготовления изделий из стеклопластика включает два основных метода – механизированной намотки и контактного ручного формования. Механизированным способом, как правило, изготавливаются изделия цилиндрической формы путем намотки стеклоармирующих материалов ( стеклоткань, стеклоровинг, стеклосетка, стекломат, вуаль и т.д.), пропитанные специальными смолами.

Изделия сложной формы изготавливаются путем контактного ручного формования на специально изготовленной индивидуальной оправке.

Формование изделий из фаолита производится на специальной оснастке из листов фаолита толщиной 5;10;20 мм. В зависимости от оснастки возможно формование изделий любой конфигурации, но, к сожалению, ручным способом.

### ***ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.***

По сравнению с традиционными конструкционными материалами слоистые химстойкие пластики обладают следующими преимуществами:

- малый вес- позволяет значительно снизить массу оборудования и газоотводящих стволов, уменьшить нагрузки на фундаменты и для их монтажа не требуется применения механизмов большой мощности;

- высокая удельная механическая прочность;

- низкий модуль упругости в сочетании с коэффициентом линейного расширения позволяет исключить из конструкций применение компенсирующих устройств;

- способность работать в условиях низких и высоких температур и давлений;

- сравнительно низкая теплопроводность материала – уменьшает перепад температур между наружной и внутренней стенкой и, как следствие, уменьшает



количество конденсата и, как правило, исключает необходимость устройства теплоизоляции;

- отсутствие электролитической коррозии;
- высокая коррозионная стойкость, сравнительная стойкость к абразивному износу;
- высокая атмосферостойкость наряду с высокой химстойкостью в агрессивных средах;
- долговечность эксплуатации в различных климатических зонах свыше 20 лет;
- простота монтажа;
- обладает ценным свойством сочетаться с разнообразными материалами, химически стойкими, термопластами, возможно дублирование пропитанными связующими стеклотканей с полиэтиленом, полипропиленом, различными резиновыми смесями, образующее таким образом новую структуру слоистого пластика, называемого бипластмассой. Имеется широкий опыт применения бипластмасс;
- высокая ремонтпригодность. Ремонтно-восстановительные работы могут осуществляться на месте эксплуатации, не требует специального оборудования и, как правило, заключаются в восстановлении поврежденных мест методом приклейки материалов холодного отверждения.

### ***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫТЯЖНЫХ БАШЕН С ГАЗООТВОДЯЩИМИ СТВОЛАМИ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.***

В составе проектной документации решаются следующие вопросы:

1. Наиболее рациональные объемно-планировочные решения вытяжных башен-труб в т.ч. несущего каркаса-башни, расположение газоотводящих стволов.
  2. Конструкция несущего стального каркаса-башни (профили элементов, форма поперечного сечения – в основном предусматриваются трех, четырех и шестигранные башни в зависимости от количества располагаемых в одной башне газоотводящих стволов).
  3. Выбор полимерного материала газоотводящего ствола.
- Он диктуется требованиями химической стойкости при заданных температурах в условиях постоянного повышения концентрации агрессивных сред в конденсате за счет пленочной абсорбции, пожарно- и электростатической безопасности, работоспособности в зависимости от климатических зон ( морозостойкость и устойчивость против солнечной радиации).



При разработке конструкции полимерного слоистого материала для изготовления крупногабаритных изделий необходимо также учитывать масштабный фактор.

Существенным показателем для таких изделий является жесткость, которая обычно, как и непроницаемость, реализуется за счет инженерных решений ( расчетного повышения толщин изделия, введения дополнительных ребер жесткости и т.п.)

### **ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ГАЗОТВОДЯЩЕГО СТВОЛА.**

Конструкция должна отвечать требованиям технологичности при монтаже, ремонтоспособности, прочности и жесткости для восприятия эксплуатационных и монтажных нагрузок.

При этом решается конструкция узлов независимой подвески отдельных царг к несущему каркасу, обеспечивая наиболее благоприятные по нагрузкам условия работы элементов газотводящего ствола ( как правило, соединение раструбное), обеспечивающее одновременно герметичность этого соединения и возможность осевых вертикальных перемещений (раструбы заполняются специальными химстойкими герметиками), возникающих за счет большой разницы коэффициентов линейного расширения стали и полимерного материала. Фото № 1, 2 ( трехствольная труба из фаолита для АЦБК).

Фото № 1. Трёхствольная труба из фаолита в смонтированном виде.





Фото № 2. Заделка раструбов химстойким герметиком.

В настоящее время в промышленности эксплуатируется свыше 300 вытяжных башен с газоотводящими стволами из различных полимерных материалов. Они смонтированы на объектах по производству минеральных удобрений, химических волокон, угольной промышленности (сушильных агрегатах углеобогажительных фабрик), горно-обогажительных комбинатов, грануляционных установок и травильных цехов металлургических заводов, алюминиевых заводов и других объектов на территории бывшего СССР от Прибалтики до Тихого океана. Габариты труб – диаметры от 0,8 до 7,0 м, высоты до 200 м. Так, на фото №3 показано изготовление царг Ø2,8 м из стеклопластика для двухствольной трубы Н=100 м агломерационного цеха ОАО «ММК» (фото №4) Изготовление производится с помощью намоточного станка на промбазе в г. Первоуральск фирмы «АЗОС».



Фото № 3. Изготовление царг из стеклопластика.



Фото № 4. Двухствольная труба из стеклопластика агломерационного цеха  
ОАО «ММК»

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.**

Институт занимается в основном разработкой нестандартного оборудования из конструкционных полимерных материалов, включая газходы и трубопроводы. От сочетания связующего и наполнителя, а также способа изготовления изделий из стеклопластиков (намотка, контактное формование) зависят физико-механические свойства стеклопластиков. Расчет аппаратуры из стеклопластиков ведется с использованием теории упругости, пластичности и ползучести с учетом данных по анизотропии и вязким свойствам стеклопластиков.

При конструировании нестандартного оборудования из стеклопластиков мы ориентируемся на технологию, освоенную фирмой «АЗОС» и имеющееся у этой фирмы оборудование как по намотке цилиндрических обечаек, так и по контактному формованию. С учетом имеющихся у этого изготовителя оборудования удалось максимально механизировать и автоматизировать процесс намотки. Причем у фирмы «АЗОС» есть стационарное оборудование по намотке, эксплуатирующееся на промышленной базе в г. Первоуральске, на котором мотаются изделия  $\varnothing$  до 3 м, т.е. транспортабельные и есть переносные мобильные установки, позволяющие на месте монтажа изготавливать обечайки  $\varnothing$  до 8,0 м. (фото № 5)



Фото № 5. Процесс намотки корпуса крупногабаритного оборудования на монтажной площадке.

Как правило, наша совместная работа с фирмой «АЗОС» построена таким образом, что сначала проводятся экспресс испытания на химстойкость в специальной лаборатории образцы структуры назначаемого стеклопластика в проектируемых средах. После получения положительных результатов, испытанная на химстойкость структура стеклопластика закладывается в проектное решение. В процессе изготовления оборудования вырезаются образцы-представители и определяются физико-механические характеристики стеклопластика и сравниваются с теми расчетными характеристиками, которые заложены в проект. Они должны соответствовать расчетным.

Анализ показывает, что с увеличением габаритов аппаратов  $\varnothing$  свыше 3,0 м, толщина обечайки из слоистого пластика увеличивается быстрее, чем, например, при изготовлении его из коррозионностойкой стали. При этом значительно увеличивается материалоемкость конструкции, стоимость и расход стеклопластика. Это привело к необходимости поиска и разработки инженерных решений, которые не удорожают конструкцию в целом. При разработке конструкции полимерного слоистого материала (ПСМ) для изготовлений крупногабаритных изделий необходимо обеспечить жесткость конструкции, которая может быть повышена за счет применения многослойных систем, где каждый из слоев обеспечивает выполнение заранее заданных условий. Было установлено, что желательное повышение жесткости может быть обеспечено как за счет увеличения толщины, так и за счет повышения удельного модуля упругости.

Это касается как изделий из стеклопластика, так и изделий из фаолита. Так при разработке газоотводящего ствола  $\varnothing$  7,0 м для вытяжной башни Н=80 м для Северского трубного завода совместно с Асбестовским заводом металлоконструкций была разработана структура ПСМ с оптимальными физико-механическими, технологическими и другими характеристиками. В результате по нашим чертежам был изготовлен и смонтирован газоотводящий ствол  $\varnothing$  7,0 м из ПСМ на основе фаолита с толщиной стенки 33 мм, который в настоящее время успешно эксплуатируется. По сравнению с ранее запроектированной двухствольной трубой материалоемкость снижена более чем в 1,5 раза и сокращены сроки монтажа в 2 раза.

Оптимизация структуры ПСМ для изготовления газоотводящих стволов большого диаметра вытяжных башен, а также отдельных крупногабаритных элементов оборудования, позволила установить наиболее рациональные толщины элементов, изготовление которых освоено в промышленном порядке.

При проектировании крупногабаритного оборудования анализируются расчетные толщины слоистого пластика и соответственно стоимость изготовления и монтажа.



Иногда с целью снижения стоимости оборудования из слоистого пластика, оно выполняется в стальной обрешетке.

В этом случае определяется оптимальная толщина пластика с целью снижения материалоемкости и соответственно удешевления конструкции. Так, нами запроектированы скруббера из стеклопластика Ø 6,2 м, Н=22,0 м для агломерационного цеха сероулавливающих установок ГОП ОАО «ММК» по такой технологии, которые в настоящий момент смонтированы и успешно эксплуатируются уже в количестве 8 шт. Корпус скруббера располагается в стальном каркасе, представляющим стальную решетчатую этажерку, опирающуюся на существующий фундамент. Стальной каркас воспринимает все нагрузки от собственного веса скруббера и всех внутренних устройств, включая орошающие устройства. В конструкции стальной этажерки предусматриваются площадки для подвески отдельных частей аппарата ( царг) и обслуживания скруббера ( в местах устройства люков и расположения орошающих устройств).

Изготовление монтажных заготовок из стеклопластика для устройства корпуса скруббера и газоходов чистого газа к выхлопным трубам, последующая сборка его на монтажной площадке осуществлялась фирмой «АЗОС».(см.фото № 6, № 7).



Фото №6. Монтаж скрубберов из стеклопластика в агломерационном цехе ГОП ОАО «ММК»



Фото №7. Монтаж подводящего газохода из стеклопластика к скрубберам.  
в агломерационном цехе ОАО «ММК»

Благодаря такой конструкции удалось уменьшить толщину стенки скруббера из стеклопластика с 35 мм до 20 мм и соответственно снизить стоимость почти на 30%.

В настоящее время ООО «Гипрогазоочистка-инжиниринг» выполняет разработку практически по всему парку емкостного и реакционного оборудования из стеклопластика цеха выщелачивания Асбестовского магниевого завода, включая колонны выщелачивания и промывочные колонны сложной формы с разработкой конструкции тарелок из полимерных материалов и установкой их внутри колонн, а также насадочного

скруббера  $\varnothing$  5,5м, Н-19,2м с встроенным каплеуловителем и выбросной свечой Н-15м. для ГОК «Олений ручей» (рис.№8).

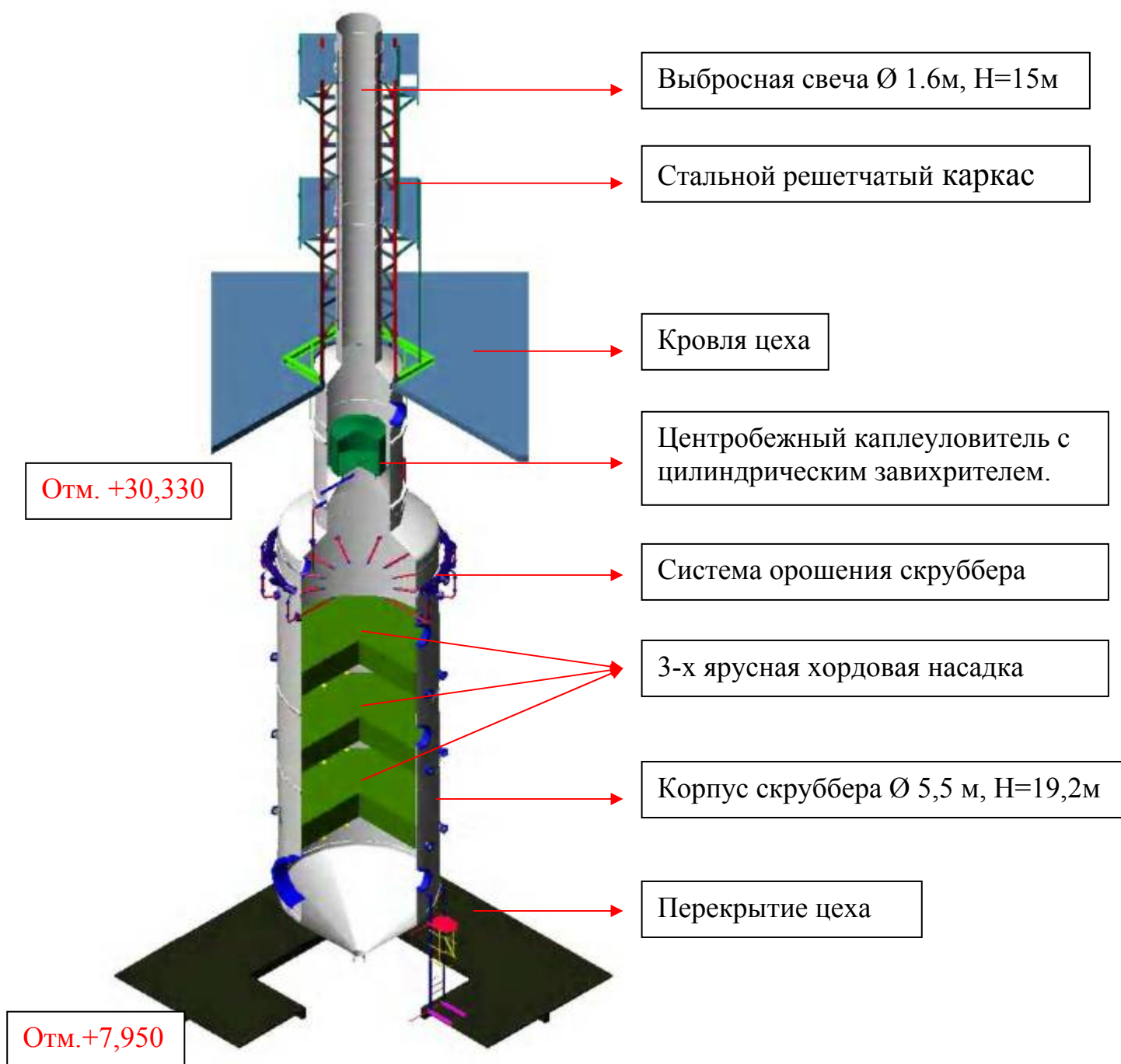


Рис. № 8. Скруббер  $\varnothing$  5,5м, Н-19,2м со встроенным каплеуловителем и выбросной свечой Н-15м.из стеклопластика для ГОК «Олений ручей».

Вышеприведенный отечественный опыт, а также опыт передовых зарубежных фирм по внедрению различных видов оборудования и газоходов из конструкционных полимерных слоистых материалов подтвердил высокую эффективность применения их в условиях воздействия высокоагрессивных сред.

Это требует дальнейшего расширения исследований по созданию новых видов полимерных слоистых пластиков, создания нормативной базы по проектированию, потому что сейчас она практически отсутствует (мы пользуемся американскими и канадскими стандартами), и увеличения внедрения полимерных материалов уже нашедших применение в практике строительства.

