

## **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УСЛОВИЯ ДЫХАНИЯ И ФАКТИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ ШАХТНЫХ САМОСПАСАТЕЛЕЙ НА ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОМ КИСЛОРОДЕ ПРИ САМОСПАСЕНИИ. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕРИИ ИСПЫТАНИЙ САМОСПАСАТЕЛЕЙ НА ДОБРОВОЛЬЦАХ, В УСЛОВИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ.**

В продолжение дискуссии, поднятой в серии публикаций в журналах «Безопасность труда в промышленности» (N№ 4, 11 – 2012 г.; 2, 3, 9, 10 – 2013г.), считаем необходимым поделиться с профессионалами и заинтересованными лицами, обеспечивающими безопасность горнорабочих при возникновении непригодной для дыхания атмосферы, в аварийных ситуациях, при ведении подземных горных работ, результатами и выводами, полученными нами в ходе работ по изучению характеристик изолирующих самоспасателей на химически связанном кислороде, по итогам испытаний на людях в реальных условиях подземных производств и учебных шахт.

Федеральным законодательством единые обязательные требования к самоспасателям, исполнение требований к средствам индивидуальной защиты [1], равно как и допуск их к применению на опасных производственных объектах России, установлены документами Таможенного Союза, а именно Техническим Регламентом Таможенного Союза 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

Согласно Перечню стандартов, в результате применения которых на добровольной Основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011) (п.17) [2], при проведении сертификационных испытаний все производители обязаны ориентироваться на требования и методики, указанные в ГОСТ Р 12.4.220-2001 [3].

В нашей статье мы не будем поднимать тему актуальности и достаточности требований, установленных Регламентом и стандартами. Проведенные нами испытания показали, что основной объём всех замечаний, которые предъявляются к самоспасателям в процессе их эксплуатации, не связаны с параметрами, напрямую контролируемые стандартами. И, несмотря на то, что требования российского (и Союзного) законодательств занижены относительно европейских стандартов (в частности EN 13794 [4]), их общий объём достаточен для подтверждения уровня безопасности СИЗОД при соблюдении всех требований, установленных Федеральным законодательством. К этому вопросу мы вернемся в резюмирующей части нашей статьи.

В самой статье мы хотим ознакомить вас с результатами и выводами, которые были

сделаны в ходе серии промышленных испытаний на ряде российских подземных горнодобывающих компаний (подтверждены актами, протоколами и опросными листами). Мы сознательно не озвучиваем наименования компаний и имена испытателей, чтобы соблюсти конфиденциальность информации. В нашей статье основным являются не точечные результаты отдельных испытаний, а выводы, которые по нашему мнению, были не настолько очевидны без проведения тестирований самоспасателей на людях в близких условиях, имитирующих выходы горнорабочего на «свежую струю» (или на поверхность), включенными в самоспасатели в самых разных реальных производственных или учебных условиях.

Испытания проводились по программам, разработанным техническими специалистами и специалистами по промышленной безопасности и охране труда организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты с подземными горными работами, самостоятельно, с учетом специфики и сложности их производства. Кроме того, были проведены также лабораторные испытания с участием добровольцев, в том числе с выездом на испытательную базу производителей. В общей сложности только по аппаратам типа OSR были проведены тестовые испытания с участием добровольцев более чем 40-ка единиц самоспасателей в девяти крупнейших горнодобывающих компаниях страны. Большая часть испытаний проводилась в режиме сравнительных тестирований с самоспасателями других производителей в равном количестве, что позволяет говорить, что в период 2015-2016 года были проведены масштабные, независимые промышленные сравнительные испытания самоспасателей на добровольцах в общем количестве не менее 100 аппаратов от разных производителей.

**В нашей статье мы будем отталкиваться исключительно от данных, полученных на самоспасателях типа OSR, однако выявленные тенденции зафиксированы при испытаниях самоспасателей всех типов.**

Методики проведения каждого испытания существенно отличались друг от друга, поэтому провести прямые аналогии, систематизировать и сделать общие выводы по всем тестам сложно из-за недостаточного количества данных. Однако в четырех компаниях на восьми испытателях (только самоспасателей типа OSR) была применена близкая, наиболее распространенная методика, описываемая как «по упрощенной программе», т.е. в одинаковых условиях для всех испытуемых «при средней нагрузке ... равномерная ходьба по горизонтальной поверхности со скоростью 4,5 км/час, без имитации задымления»[5]. Именно испытания по данной методике позволили выявить (и главное - ранжировать) факторы, существенно влияющие на качественные (дыхательные) характеристики самоспасателей, которые позволяют более глубоко раскрыть вопросы, поднятые в дискус-

сии о безопасных свойствах самоспасателей на химически связанном кислороде. В частности, о необходимости «корректировки реального времени аппарата» [6] и «Произвести ... независимую экспертизу работоспособности и установления время защитного действия самоспасателей, применяемых в угольной промышленности России» [7]

Как известно, применяемые на сегодня массово на горнодобывающих предприятиях России самоспасатели типа ШСС, имеют номинальное ВЗД 60 минут. Сам термин «номинальное ВЗД» установлен ГОСТ Р 12.4.220-2001 (входящий в ТР ТС 019/2011).

3.13 номинальный режим: Режим испытаний на установке «Искусственные легкие» при легочной вентиляции  $35 \text{ дм}^3/\text{мин}$  и температуре окружающей среды  $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ .

3.14 номинальное время защитного действия: Время защитного действия самоспасателя, установленное для конкретного самоспасателя при испытании его на номинальном режиме [3].

Однако, в паспорте многие производители указывают «Время защитного действия при средней физической нагрузке (выход из аварийного участка  $5,6 \text{ км/час}$ ) - не менее 60 мин» [8]. При этом у некоторых производителей это же ВЗД указано при скорости движения  $4 \text{ км/час}$  [9]. Таблица 3, п. 7.5.3.1 ГОСТ также описывает «среднюю нагрузку» как «допускается в течение всего испытания использовать равномерную ходьбу по горизонтальной движущейся дорожке со скоростью  $5,6 \text{ км/ч}$ » [3].

Указанные величины дают основание полагать, что между скоростью движения горнорабочего и нагрузкой (соответственно, легочной вентиляцией человека и ВЗД самоспасателя) существует прямая зависимость. Более того, существует мнение, что человек не в состоянии выходить с данной (высокой) скоростью из загазованного участка в сложных производственных условиях и, контролируя (снижая) скорость своего движения, можно повлиять на длительность ВЗД самоспасателя в сторону увеличения. И это действительно нашло отражение в серии тестирований. Почти во всех промышленных и лабораторных испытаниях на испытателях было зафиксировано фактическое ВЗД большее, чем паспортное номинальное при проведении испытаний в вышеописанном режиме [5].

Результаты подобных испытаний часто дают ошибочное основание сделать вывод о достаточности безопасных свойств самоспасателя на химически связанном кислороде в любых условиях и любой ситуации, для любого горнорабочего.

Тем не менее, аварии с массовыми включениями горнорабочих в самоспасатели, выявляют те или иные нарекания и замечания на их качественные характеристики: нехватку ВЗД, тяжелое дыхание (высокое сопротивление), жжение, першение и сухость газовой дыхательной смеси. Как следствие, люди выключаются из самоспасателей, или ВЗД просто не хватает для спасения. При том, что все самоспасатели прошли процедуру подтвержде-

ния соответствия (сертификации) их серийного производства и имеют допуск на применение на опасных производственных объектах.

Мы остаемся при своем мнении, высказанном в своей статье, «что в большей степени эксплуатационные свойства самоспасателей на ХСК зависят от качества продукта и в меньшей - от конструкции самого аппарата» [10]. В проведенной серии промышленных испытаний только самоспасатели с современным регенеративным таблетированным продуктом показали лучшие дыхательные характеристики. Не было зафиксировано ни одного нарекания на жжение, першение или дискомфорт при дыхании, а ведь это параметры, которые в принципе не контролируются ТР ТС и ГОСТ как обязательные. Но это и параметры, которые влияют на то, будет ли (и сможет ли) человек дышать в самоспасателе в любых условиях.

**Качественные характеристики регенеративного продукта - первый и основной фактор, влияющий на качественные (дыхательные) характеристики самоспасателей.**

Проведенные многоступенчатые испытания на людях, как лабораторные, так и производственные, позволили выявить на наш взгляд второй по важности фактор, от которого зависит, как будет работать самоспасатель.

Для обоснования нашей позиции предлагаем рассмотреть следующую таблицу.

Таблица 1

Модель OSR	Компания 1			Компания	Компания	Компания 4		
	1	2	3	2	3	6	7	8
Испытатель	1	2	3	4	5	6	7	8
Фактическое ВЗД, мин	115	120*	150	109	90*	139	86*	74*
Условия испытаний	Учебная шахта			Лаборатория производителя, контроль скорости	Ходьба по горизонтальной выработке	Тренажерный зал	Участок по добыче угля	Проходческий участок
Комфортное ВЗД, мин	110	120	150	не фиксировалось	не фиксировалось	102	86	74

<b>Рост, см</b>	176	178	173	178	нет	180	166	180
<b>Вес, кг</b>	<b>100</b>	73	78	<b>90</b>	нет	75	80	<b>90</b>

\*Испытатели выключились из аппаратов до истечения ВЗД по причине окончания маршрута (5,7,8) или собственной усталости от ходьбы (2).

По нашему мнению, особенно следует отметить параметр «комфортное ВЗД» - момент, когда человеку хочется субъективно выключиться из самоспасателя. Практически во всех проведенных испытаниях на людях не производились замеры показателей сопротивления, концентрации диоксида углерода и кислорода во вдыхаемой смеси, как основных параметров, определяющих ВЗД самоспасателя. Но при субъективных оценках момента истечения фактического ВЗД (которое при указанных нагрузках превышало номинальное у всех производителей, как уже было сказано ранее), **комфортное ВЗД практически полностью совпадало с номинальным (паспортным). И было ниже фактического на 10-30% по разным моделям самоспасателей типа ШСС. Для самоспасателей же OSR комфортное ВЗД практически совпадало с фактическим и существенно превышало номинальное.**

Почему мы акцентируем на внимание на этом параметре? Считаем, что именно показатель комфортного ВЗД при испытаниях на людях позволяет определить **реальное ВЗД** самоспасателя в критической ситуации и ответить на вопросы, поставленные в [6] и [7].

Параметры, заданные в ТР ТС019/2011 и в ГОСТе, конкретизирующем требования и описывающем методики проведения испытаний, в целом и настройки «Искусственных легких», моделирующие процесс дыхания при средней нагрузке, в частности, субъективно не могут быть оценены человеком! Горнорабочий может (какое-то время) продолжать дыхание в аппарате уже сверх его безопасных возможностей (например, при повышенной концентрации диоксида углерода). Однако, именно комфортное дыхание дает относительные гарантии, что человек сможет дышать в аппарате заявленное (номинальное) ВЗД как при средней нагрузке, так и главное - при резком увеличении нагрузки, что может запускать целый ряд процессов в системе «человек-аппарат» и давать неконтролируемое истощение ВЗД (допустимое снижение по ГОСТ до 30% от номинального).

Основной же вывод, который мы сделали по факту проведения испытаний и отраженный в приведенной Таблице 1, - это однозначная зависимость показателей работы самоспасателей от массогабаритных данных горнорабочего (в большей степени от веса и в меньшей от роста). Все аппараты в равных условиях испытаний давали близкие показатели отношения фактического ВЗД к комфортному и номинальному при одном условии - вес испытателя не

превышал 90-95 кг. Испытатели с весом выше 90 кг давали резкое, нелинейное снижение фактического и комфортного ВЗД в равных условиях испытаний у всех производителей. Так, испытатель 1 (Таблица 1) весом 100 кг показал ВЗД самоспасателя на 30% меньше чем Испытатель 3, весом 78 кг. Близкая картина у Испытателей 8 и 7 (90 и 80 кг, соответственно) - снижение ВЗД на 16%, на маршруте, охватывающем не полное ВЗД самоспасателя.

**Таким образом, мы считаем, что вторым по эффективности фактором, влияющим на качественные характеристики самоспасателей (ВЗД, в первую очередь), является вес горнорабочего более 90 кг.**

В классических исследованиях физиологов и разработчиков дыхательных аппаратов для подземных горнорабочих есть указание, что «встречающиеся у отдельных индивидуумов большие значения ЖЕЛ (жизненной ёмкости легких) (бл и более) нежелательны для работы этих людей в регенеративном респираторе (читай, регенеративных аппаратах), так как при этом аппарат должен иметь увеличенную полезную ёмкость дыхательного мешка, габариты и массу. [11]. Известно, что величина ЖЕЛ в норме зависит от пола, возраста человека, его телосложения и физического развития.

**Третьим существенным фактором, влияющим на характеристики (фактическое ВЗД) самоспасателей, по нашим оценкам является уклон траектории, по которой происходит выход горнорабочего** и в меньшей степени скорость движения - параметр, которым сами производители самоспасателей описывают нагрузку, как было сказано выше. Существенность этого фактора (уклон) подтвердит любой любитель фитнеса. Тренировки на беговой дорожке с положительным уклоном и даже низкой скоростью движения дают значительно более высокие нагрузки (подтверждаемые контролем частоты сердечных сокращений, частоты дыхания и как итог - расходом калорий и легочной вентиляцией), нежели движение по горизонтальной плоскости с любым ускорением вплоть до бега или наоборот - замедления. Влияние данного фактора нашло свое подтверждение также и в ходе промышленных испытаний в Компании 3, где сравнительные испытания самоспасателей на горизонтальной выработке и выработке с уклоном 27 градусов дало снижение ВЗД на 30-45% по разным моделям.

Таким образом, можно уверенно утверждать, что горнорабочий весом 90-95 кг и выше, идущий со средней скоростью, по траектории с уклоном 10-15 градусов, даже не в стрессовой ситуации сможет продышать ВЗД ниже номинального (в рамках параметров, установленных ТР ТС 019/2011).

Однако, существует еще целый ряд факторов, которые однозначно будут влиять на снижение ВЗД и влияние которых на сегодня менее изучено:

- «возраст» самоспасателя;
- физиологические и психологические особенности горнорабочего;
- реакция на стресс и испуг;
- диета, состояние здоровья и т.д.
- скорость движения в самоспасателе.

Это те факторы, влияние которых не замеряется и не контролируется на сегодняшний день никакими испытаниями на безопасность в соответствии с требованиями, установленными Федеральным Законодательством и относятся к субъективным. **И в случае совпадения всех отрицательных факторов горнорабочий тяжелого веса, идущий по положительному уклону, по выходу, рассчитанному на номинальное ВЗД самоспасателя, показанное для нового аппарата, в аварийной ситуации, может не спастись. Именно поэтому самоспасатель должен иметь существенный запас по ВЗД для обеспечения гарантированного спасения.**

Величина этого запаса – тема, достойная научных исследований. В качестве отправной точки специалистами, проводившими испытания в Распадской Угольной Компании [5], предлагается ввести коэффициент 1,43. Таким образом, для обеспечения гарантированной работоспособности самоспасателя в течение 60 минут в аварийных условиях, его номинальное ВЗД (на установке «Искусственные легкие» при легочной вентиляции 35 дм<sup>3</sup>/мин и температуре окружающей среды (20 ± 5) °С) должно быть не менее 85 мин.

Резюмируя вышеизложенное и в продолжение дискуссии, идущей вокруг качественных характеристик самоспасателей, как важнейшего фактора спасения горнорабочего при подземных авариях, считаем необходимым:

- рекомендовать угольным компаниям проводить периодическую проверку возможности выхода людей, включенных в самоспасатели, из сложных участков, с положительным уклоном, на горнорабочих с весом более 90кг и с обязательной оценкой комфортного ВЗД как факторов, позволяющих оценить реальные возможности самоспасателей в течение всего срока службы, для гарантированного спасения любого горняка в аварийной ситуации.
- рекомендовать рабочей группе с участием специалистов Министерства энергетики, Росуглепрофа, Ростехнадзора и Технического комитета 320 «Средства индивидуальной защиты»:
  - а) рассмотреть возможность внесения в ТР ТС 019/2011 или в ГОСТ на самоспасатели для подземных работ раздел, аналогичный Annex A (normative) Additional requirements for apparatus designed for underground EN 13794 [4] обязывающий производителей проводить **обязательные** испытания не менее 10 аппа-

ратов в течение 3-х месяцев в условиях горнодобывающего предприятия, с последующей их проверкой в независимой от производителя лаборатории для допуска самоспасателей к работе под землей.

- b) рассмотреть возможность внесения в Федеральное Законодательство норматива, обязывающего горнодобывающие компании проводить ежегодный инспекционный контроль самоспасателей, стоящих на вооружении, в независимой аккредитованной лаборатории.
- c) рассмотреть возможность внесения в ТР ТС 019/2011 или в ГОСТ обязательный резерв номинального ВЗД для самоспасателей на подземных работах.
- рекомендовать аккредитованным Органам по сертификации принимать исключительно Протоколы испытаний самоспасателей в независимых от производства аккредитованных лабораториях, согласно 4.4.2 Положения о внесении в реестр ТС [12].

Мы уверены, что выполнение указных рекомендаций позволит навсегда исключить для самоспасателей в российской горнодобывающей промышленности отношения как к «коту в мешке»[6].

#### Источники

1. ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»
2. Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011)
3. ГОСТ Р 12.4.220-2001 ССБТ "Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели). Общие технические требования. Методы испытаний"
4. BS EN 13794:2002 «Respiratory protective devices — Self-contained closed-circuit breathing apparatus for escape — Requirements, testing, marking»
5. Акт сравнительных испытаний самоспасателей от 05.05.2016, г. Новокузнецк
6. Огурецкий В.А., Егоров В.Н. Размышления об использовании самоспасателей изолирующих с химически связанным кислородом на угольных шахтах» // Безопасность труда в промышленности. – 2012. - № 4. – С. 54 – 60
7. Сальников А.Р., Рычковский В.М., Ларин М.И., Голик А.С., Дингес В.Р., Зернин О.В., Файзуханов Р.В., Ждамиров А.В. Акт проверки изолирующих самоспасателей ШСС – Т, производства ФГУП «ТамбовНИХИ», находящихся в эксплуатации на

- шахтах ОАО ОУК «Южкузбассуголь». – Новокузнецк, 2003.
8. Самоспасатель для подземных работ ШСС-Т. Техническое описание и инструкция по эксплуатации//Издательско-полиграфический центр ТГТУ. -2013.- С.1
  9. ООО ГЗ ГО "Озон". Самоспасатель шахтный изолирующий ШСС-1М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации РС 14.00.000 ТО// ГУП "Издательский дом "Гайская новь".-2012.-С. 2
  10. А.В. Немцев, Э.М. Вэстморлэнд. Актуальные вопросы применения изолирующих промышленных самоспасателей. Часть 1. Самоспасатели на химически связанном кислороде // Безопасность труда в промышленности. – 2013. - № 2. – С. 62 – 66
  11. Н.С. Диденко. Респираторы регенеративные для горноспасательных работ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990 - 160с
  12. РЕШЕНИЕ КОМИССИИ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА от 18.06.2010 N319 О техническом регулировании в таможенном союзе. Приложение N 1. Положение о порядке включения органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) таможенного союза, а также его формирования и ведения