

Дальнейшие исследования в рамках данной проблемы целесообразно сосредоточить на изучении взаимодействия различных факторов организации горного производства.

Список литературы

1. Калякин С.А., Шкуматов А.Н., Лабинский К.Н. Управление разрушающим действием взрыва уклонного шпурового заряда взрывчатого вещества // Вісник КрНУ. – Кременчук: КДПУ, 2013. – Вип. 2/2013 (79). – С. 78-82.
2. Терентьев О.М., Стрельцова І.М. Математична модель управління питомою поверхневою енергією руйнування гірських порід // Вісник КрНУ. – Кременчук: КДПУ, 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 153–157.
3. Использование многоточечного инициирования скважинного заряда для улучшения проработки подошвы уступа / В.В. Воробьев, В.Т. Щетинин, А.М. Пеев // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: збірн. наук. праць. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2003. – Вип. 9. – С. 63-65.
4. Исследование влияния формы заряда в донной части шпура на изменение прочностных свойств среды при взрыве / В.В. Воробьев, А.М. Пеев // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник. – Кременчук: КДУ, 2009. – Вип. 2/2009(4). – С. 35–39.
5. Бротанек И., Вода Й. Контурное взрывание в горном деле и строительстве. Перев. с чешск. под ред. Б.Н. Кутузова. - М.: Недра, 1983. – 144 с.
6. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. – М.: Недра, 1977. – 400 с.
7. Смирняков В.В., Вихарев В.И., Очкуров В.И. Технология строительства горных предприятий. – М.: Недра, 1989. – 573 с.
8. Лонг Ф., Мохиндра Д., Сикорд Р., Сазерленд Д., Свобода Д. Руководство для программиста на Java: 75 рекомендаций по написанию надежных и защищенных программ. Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2014. – 256 с.
9. Хорстман, С., Корнелл Г. Java 2. Библиотека профессионала. Основы. Пер. с англ. под ред. В.В. Вейтмана. - М.: Вильямс, 2007. – 896 с.

Рукопись поступила в редакцию 26.01.16

УДК 622.834: 622.862.3

А.Э. КИПКО, д-р техн.наук, проф., Д.А. ЧЕПИГА, аспирант
Е.С. ПОДКОПАЕВ, студент, ГВУЗ «Донецкий национальный
технический университет» МОН Украины, г. Красноармейск

О ПРОЯВЛЕНИИ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ВЫРАБОТОК В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Применяемые в настоящее время способы управления кровлей в лаве и охраны подготовительных выработок в большинстве случаев не позволяют максимально эффективно использовать механизм разгрузки боковых пород от вредных проявлений горного давления. Все это является причиной обрушений пород кровли и почвы, завалов выработок и высокого уровня травматизма. В результате выполненных исследований было установлено, что наиболее неблагоприятная геомеханическая обстановка в угленосном массиве, с точки зрения проявления природных опасностей, имеет место при способе управления кровлей удержанием на кострах. Это можно объяснить неэффективным взаимодействием боковых пород с охранными сооружениями, оставляемыми в выработанном пространстве по всей длине лавы. Имея ограниченную податливость (до 10%) эти сооружения являются концентраторами напряжений и способствуют максимальному изгибу породных слоев. Такое положение является особо опасным, при наличии в их составе неустойчивых пород. Совершенно иная картина имеет место при наличии над штреком широкой податливой опоры, обеспечивающей плавный прогиб пород кровли. Правильное представление о характере распределения напряжений в массиве пород при разработке крутых угольных пластов способствует не только разработке эффективных мероприятий по сохранению устойчивости выработок, но и снижению уровня травматизма горнорабочих. При этом необходимо учитывать надежное взаимодействие применяемых охранных сооружений с расщелившимися породами кровли и почвы. Такой подход позволит минимизировать концентрацию напряжений в массиве. Это может быть обеспечено за счет определения оптимальных параметров широкой податливой опоры, расположенной над штреком и разработки специальных способов по повышению устойчивости боковых пород.

Ключевые слова: Угольный пласт, боковые породы, способ управления кровлей, моделирование, охранные сооружения, подготовительная выработка.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Общеизвестно, что эффективность отработки угольных пластов и безопасность ведения горных работ на шахтах Донбасса, в значительной степени зависит от состояния горных выработок. В настоящее время, на современных глубинах разработка крутых угольных пластов осложняется ухудшающимися с глубиной горно-геологическими условиями, наличием неустойчивых вмещающих пород, изменением интенсивности смещений и формы их проявлений. На достигнутых глубинах подготовительные выработки проводятся и поддерживаются в боковых породах, представленных глинистыми и песчано-глинистыми сланцами (49 %, в том числе ниже средней устойчивости 27%), песчаными сланцами (28 %) и песчаниками (23 %). Как показало изучение процесса сдвижений и деформаций горных пород [1,3,4,5], при выемке пластов в нарушенной толще происходит образование характерных зон сдвижения, на динамику и параметры которых в значительной степени влияют способ управления кровлей и охраны горных выработок. Опыт работы шахт показывает, что в результате ведения горных работ, в зонах разгрузки, в углепородном массиве начинает проявляться такой природный фактор, как расслоение боковых пород, их интенсивная трещиноватость и, как правило, обрушения. Анализ состояния штреков на шахтах, разрабатывающих крутые пласты свидетельствует о том, что наибольшее число их неудовлетворительного состояния (около 54 %) приходится на участок сопряжения штрека с лавой, когда проведение выработок осуществляется с подрывкой пород кровли или почвы, а для их охраны используют всевозможные искусственные сооружения из дерева. В этих случаях, применяемая в очистном забое крепь не способна противостоять движению нарушенной толщи пород, что способствует не только их обрушению, но и сползанию в выработку. Приведенные причины приводят к деформированию крепи горных выработок, потере регламентированного ПБ сечения штреков, что в свою очередь способствует увеличению уровня травматизма на протяжении горных выработок. Достигнутый уровень травматизма по исследуемому фактору (за последние 10 лет удельный вес смертельного травматизма при проведении и перекреплении выработок составляет около 34 %, на сопряжении выработок - 12%) позволяет считать, что действующие меры по предотвращению обвалов и обрушений в угольной отрасли, являются недостаточными. Следует отметить, что значительное число завалов лав и подготовительных выработок связано с созданием аварийных ситуаций, которые происходили в результате нарушения горнорабочими требований ПБ при ведении горных работ по добыче угля, проведению и ремонту выработок. Так, по мнению авторов [17] наиболее часто повторяющимися причинами аварий и несчастных случаев в результате обвалов и обрушений горных пород являются нарушения паспортов крепления (62 %), несоответствие паспортов крепления горно-геологическим условиям (8%) и отсутствие или неисправность крепи (23 %). Однако детальный анализ аварий позволяет сделать вывод о том, что во многих случаях не организационные причины, а недостаточная изученность природы обрушений и, в связи с этим, принятие ошибочных технических решений обуславливает травматизм по рассматриваемому опасному производственному фактору. Поэтому разработка эффективных мероприятий, направленных на повышение устойчивости боковых пород при разработке крутых угольных пластов, в сложных горно-геологических условиях, будет способствовать не только рациональной отработке запасов, но и повышению труда горнорабочих, обеспечивающих проведение и поддержание горных выработок.

Анализ исследований и публикаций. Традиционно считается, что проявления горного давления в горных выработках зависят от совокупного влияния многих горно-геологических факторов, к которым первостепенно следует относить напряженное состояние пород и их физико-механические свойства. Изучение особенностей проявления горного давления в выработках на большой глубине [1-4] позволило установить, что характер его опасных проявлений определяется не только напряженным состоянием массива горных пород и их физико-механическими свойствами, но и спецификой формирования последнего, обусловившей неупругое деформирование при трехосном сжатии, а также способность деформироваться и разрушаться при разгрузке.

Известно [5], что наличие зон разгрузки способствует расслоению боковых пород, их проксальзванию на контактах надработанных и подработанных слоев, проявлению и раскрытию трещин, нормальных к напластованию и зачастую не совпадающих с природными трещинами.

В реальных условиях разработки крутых пластов породы междупластья представляют собой чередующиеся слои как угольных пластов и прослоев, так и самых различных пород. От-

личительная особенность такого массива заключается в том, что во всех случаях контакт между слоями представлен глинистыми разностями. В зонах разгрузки, глинистые породы, увеличиваясь в объеме во времени, отрывают слои более прочных пород и формируют условия их обрушений [6]. Обрушениям и обвалам, как показывает практика, связанным с отрывом некоторого объема пород от остального массива, всегда предшествует их расслоение. В зависимости от горно-геологических условий зона расслоения пород составляет в кровле по нормали к напластованию 4-8 м, а в почве - 2-5 м. В формировании условий расслоения важную роль составляют такие факторы, как наличие прослойков и плоскостей скольжения на контакте слоев. Исследования смещений пород с помощью реперов показали, что процесс расслоения начинается впереди лавы [1,4,6]. Очевидно, что для предотвращения таких случаев необходима комплексная механизация очистных и подготовительных работ, а так же широкое внедрение анкерного крепления горных выработок. Снижение травматизма на шахтах развитых угледобывающих стран, как показывает опыт, обеспечивается за счет применения анкерной крепи в качестве основной для крепления подготовительных выработок. В отличие от рамных крепей и бутовых полос, предназначенных для сопротивления нагрузки со стороны массива горных пород, основным назначением анкерной крепи является упрочнение массива и за счет этого повышение устойчивости боковых пород [7-10]. Так, для применения в неустойчивых слоистых породах была разработана крепь КАУ с анкерами, изготовленными из гладкостенного металлического стержня, позволяющая улучшить состояние горных выработок и существенно уменьшить смещения боковых пород в выработку [11]. Эта крепь была испытана в одном из откаточных штреков шахты им. А.И. Гаевого ГП «Артемуголь» и предотвратила расслоение трехметровой толщи глинистых и песчано-глинистых сланцев, залегающих в кровле. Однако, как установлено на практике, в слабых слоистых породах, особенно в обводненных, в наибольшей степени склонных к пучению и последующему отрыву, известные способы анкерования являются недостаточно эффективными, в связи со слабым закреплением анкеров.

При традиционных способах управления кровлей полным обрушением или удержанием на кострах (на практике их выполнение не имеет принципиальных различий), в силу специфических особенностей разработки крутых пластов, связанных с углами падения, превышающих углы внутреннего трения пород, под действием сил гравитации расслоившиеся боковые породы верхней части лавы смещаются вниз. Такое положение способствует сокращению площади обрушения непосредственной кровли в нижней части очистного забоя на величину подбученной части выработанного пространства [4,12]. В этом месте расслоившаяся кровля и почва опирается на обрушенные породы. Причем, боковые породы испытывают действие изгибающих напряжений и максимальную их концентрацию в окрестности поддерживаемой выработки [13]. В таких условиях традиционные способы охраны подготовительных выработок (кусты из стоек, костры из шпал) не способны обеспечить удовлетворительное состояние поддерживаемых штреков (в зоне влияния очистных работ), что может способствовать их завалу. Опыт работы шахт Донбасса показывает, что с ростом глубины горных работ в горных выработках начинает проявляться такой негативный фактор, как сползание пород почвы. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что для формирования условий сползания пород почвы угольных пластов обязательным является наличие слабого слоя внутри пород непосредственной почвы. Мощность сползающего слоя может изменяться от 0,5м до 2,5м [1]. Последнее также способствует завалу горных выработок и травматизму горнорабочих. Внезапность возникновения таких опасных ситуаций является одной из особенностей разработки пластов с неустойчивыми и сползающими породами. Это обуславливается не только горно-геологическими, но и горно-техническими факторами. К последним следует относить несоответствие применяемых средств и способов крепления и управления кровлей горно-геологическим условиям.

Известно [12], что наиболее благоприятно на охрану откаточных выработок, пройденным по пластам со сложными горно-геологическими условиями, влияет способ управления кровлей закладкой выработанного пространства, особенно в зоне над откаточным штреком. Однако в силу различных причин, этот способ в настоящее время не применяется, хотя при его использовании исключались обрушения пород непосредственной и внезапные посадки пород основной кровли, а с течением времени, уменьшалась вероятность сползаний пород почвы.

Исследованиями ДонУГИ и ДонНТУ ранее было установлено, что закладочный массив предотвращает развитие интенсивного трещинообразования в окрестности выработок и создает

зоны устойчивых пород впереди и позади очистного очистного забоя. Очевидно, повышение устойчивости боковых пород призабойного пространства впереди и позади лавы, является одним из главных направлений повышения устойчивости горных выработок в сложных горно-геологических условиях больших глубин разработки угольных месторождений.

Постановка задачи. Для изучения проявлений природных опасностей в углепородном массиве крутого угольного пласта были приведены исследования на моделях из оптических материалов. Цель этих исследований заключалась в определении исходной качественной картины распределения касательных напряжений, при которой следует ожидать сравнительно меньших отрицательных проявлений горного давления в поддерживаемых штреках при различных способах их охраны и управления горным давлением в очистном забое.

Для решения поставленной задачи применялась экспериментальная установка ППУ-4, при моделировании на которой использовали известный способ сопоставления цветов и полос распределения касательных напряжений [14]. Распределение напряжений изучалось в массиве крутого угольного пласта, угол падения $\alpha=60^\circ$, мощностью $m=1,0$ м, с подготовительной выработкой арочной формы. Мощность пород непосредственной кровли соответствовала 5 м, а непосредственной почвы - 2 м.

Длина исследуемого участка (по длине лавы) соответствовала 70 м. Всего было отработано 8 моделей. Толщина моделей составляла 40 мм, а напряженное состояние создавалось пригрузом, позволяющим моделировать глубину разработки 1200 м. Упругие и оптические константы моделей, критерии подобия выполнены по рекомендациям [14].

Оптический метод, в данном случае, позволяет установить исходную картину распределения напряжений в среде, которая формируется во вмещающих породах в первый период времени после выемки угля. Для определения главных напряжений в модели использовали поле изоклин, представляющие собой геометрическое место точек, в которых направления главных напряжений одинаковы [14].

Изложение материала и результаты. На рис.1 изображены изолинии главных касательных напряжений в массиве крутого угольного пласта с подготовительной выработкой при ее охране накатными кострами из шпал и способе управления кровлей в лаве удержанием на кострах (а) и охране штрека широкой податливой опорой (б). Как видно из рис.1а при способе управления кровлей удержанием на кострах, над штреком максимальная концентрация напряжений приурочена к области изгиба породных слоев.

Такое положение имеет место и, в средней части лавы, когда в выработанном пространстве для удержания кровли оставляют накатные костры из шпал. Породы кровли и почвы, изгибаются, обыгрывают эти охранные сооружения.

Очевидно, имея ограниченную податливость (до 10 %) и малые размеры (в натуре $2,0 \times 2,0$ м) накатные костры выполняют роль опоры, в окрестности которой концентрируются напряжения. Причем, расстояния между опорами (по линии падения пласта) и их податливость (сжимаемость), определяют величину касательных напряжений в боковых породах, из-за изгиба породных слоев.

Совершенно иная исходная картина распределения напряжений в изучаемой среде, имеет место при наличии над штреком широкой податливой опоры (рис.1б).

Степень ее податливости определяет величину плавного изгиба вышележащих породных слоев и концентрации напряжений в них. При податливости 30-40 % имеем концентрацию напряжений в массиве, не способствующую дальнейшему возможному разрушению боковых пород.

Однако, при этом, следует отметить незначительное (до 5-10 %) уменьшение сечения поддерживаемого штрека, произошедшее в результате оседания пород кровли, из-за податливости широкой опоры.

При использовании оптического метода, применительно к решаемой задаче, считается [15], что концентрация напряжений приводит к пластическим деформациям, а с течением времени, в местах концентрации сжимающих и растягивающих напряжений имеет место разгрузка (разрушение) осадочного массива.

Подтверждением этому является анализ механических процессов, имеющих место в углепородном массиве с горной выработкой [16], когда напряженное состояние горных пород по мере удаления от контура выработки изменяется от состояния близкого к обобщенному растяжению и сдвигу, до состояния сжатия в глубине массива.

Исходя из этих представлений и результатов выполненных исследований можно заключить, что наиболее неблагоприятная геомеханическая обстановка в углепородном массиве, с точки зрения проявлений природных опасностей, имеет место при охране выработок накатными кострами и управлении горным давлением - удержание кровли на кострах.

При охране выработок широкими податливыми опорами с размещением их по всей длине лавы крутого пласта имеем минимальную концентрацию напряжений в массиве.

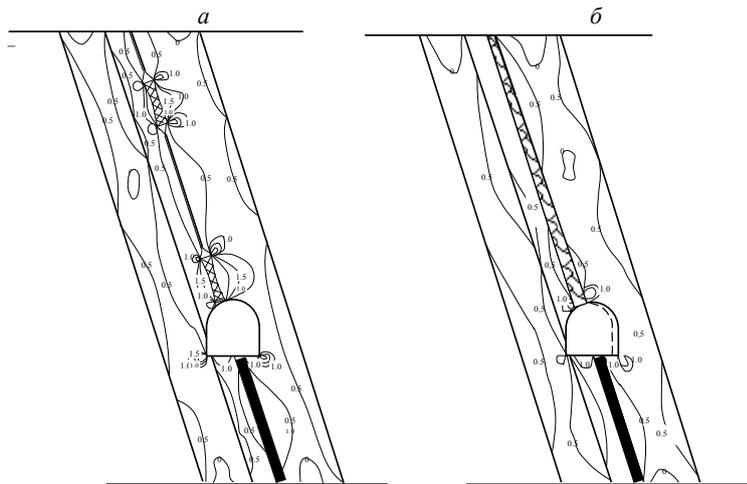


Рис. 1. Распределение касательных напряжений в углепородном массиве при охране подготовительной выработки накатными кострами из шпал (а) и широкой податливой опорой (б)

нию состояния пород кровли и почвы.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, проведенный комплекс исследований позволяет считать, что при прочих равных условиях, вероятность опасных проявлений природных опасностей в массиве и в выработках глубоких шахт всегда будет большей при отсутствии в выработанном пространстве широких податливых опорных сооружений. Последние должны обеспечивать эффективное удержание боковых пород и минимальную концентрацию напряжений в них. При этом необходимо учитывать надежное взаимодействие с охранными сооружениями не только пород кровли пласта по всей длине лавы, но и его почвы. Такой подход позволит уменьшить эксплуатационную трещиноватость боковых пород, сохранить выработки в соответствии с требованиями ПБ, а так же повысить безопасность труда горнорабочих. Все это может быть обеспечено в результате установления оптимальных параметров широкой податливой опоры, способствующей сохранению сплошности пород кровли и почвы впереди и позади лавы (а также по всей ее длине) и за счет разработки новых специальных способов охраны горных выработок.

Список литературы

1. Селезень А.Л. Поддержание подготовительных выработок при разработке крутых пластов / А.Л. Селезень, А.Г. Томасов, В.Ф. Андрушко - М.: Недра, 1977. - 205 с.
2. Шкуратник В.Л. Эффекты памяти в горных породах. Физические закономерности, теоретические модели / Шкуратник В.Л., Лавров А.В. - М.: Изд-во АГН, 1997. - 159 с.
3. Черняев В.И. Расчет напряжений и смещений пород при разработке свиты пластов / Черняев В.И. - К.: Техника, 1987. - 150 с.
4. Снижение травматизма от проявлений горного давления / Николин В.И., Подкопаев С.В., Агафонов А.В., Малеев Н.В. - Донецк: Норд-Пресс, 2005. - 332 с.
5. Петухов И.М. Механика горных ударов и выбросов / Петухов И.М., Линьков А.М. - М.: Недра, 1983. - 280 с.
6. Подкопаев С.В. Розвиток теорії захисних пластів на основі встановлених природних закономірностей деформацій генетичного повернення: автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.26.01 / Сергій Вікторович Подкопаєв; ДВНЗ «ДонНТУ». - Донецьк, 2004. - 34 с.

7. **Медведев Э.Н.** Снижение травматизма в очистных выработках угольных шахты // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. // Э.Н. Медведев, В.Д. Мартовский, Н.С. Кузьменко / МакНИИ. – Макеевка – Донбасс, 2005. – С. 210-229.
8. **Якоби О.** Система управления горным давлением – итоги и задачи / **О.Якоби.** – Глюкауф, 1972. - №14. – С.16-19
9. **Андрушко В.Ф.** Управление кровлей в сложных горно-геологических условиях / **В.Ф. Андрушко, С.А. Саратикянц, Ю.Г. Спицын.** – К.: Техника, 1985. – 128 с.
10. **Радченко В.В.** Предотвращение травматизма от обвалов и обрушений на угольных шахтах / **В.В. Радченко, Э.Н. Медведев, Н.С. Кузьменко.** – К.:, 2010 – 372 с.
11. **Техническое перевооружение угольных шахт / С.А.Саратикянц, Ю.К.Батманов, Е.Н.Братков, Ю.Г.Спицын.** – К.: Техника, 1984. - 184с.
12. **Жуков В.Е.** Об одной стратегической ошибке в разрешении проблемы разработки крутых пластов / **В.Е. Жуков** // Уголь Украины. – 2001. - №7. - С.6-10.
13. **Александров С.С.** Обґрунтування та розробка способів забезпечення безпеки праці при підтримці виробок крутих вугільних пластів: автореф.дис. ... канд.техн.наук : 05.26.01 / **Сергій Сергійович Александров;** ДВНЗ «ДонНТУ. – Красноармійськ, 2015. - 24 с.
14. **Методические указания по изготовлению моделей из оптически чувствительных материалов для исследования проявлений горного давления.** – Л.: ВНИМИ, 1970. - 180 с.
15. **Баклашов И.В.** Деформируемость и разрушение породных массивов / **И.В. Баклашов** – М.:Недра, 1988. - 271 с.
16. **Норель Б.К.** Изменение механической прочности угольного пласта в массиве / **Б.К. Норель** – М.:Наука, 1983. - 201 с.
17. **Левкин Н.Б.** Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины // **Н.Б. Левкин** / Монография. – Донецк: Донбасс, 2002. – 393 с.

Рукопис подано до редакції 14.04.16

UDC 622.281.74

R. TERESCHUK, Candidate of Science (Engineering), O.HRYHORIEV, Candidate of Science (Engineering), V. TIKHONENKO State Higher Educational Institution “National Mining University”

PARAMETERS OF SINGLE ANCHOR EFFECT AREA IN HOMOGENEOUS BORDER ROCK MASS

Analysis of basic methods to increase stability of mine workings is carried out. Objective of the paper is to study and determine area of single anchor effect on border mass at different anchor length, mining depth and physical and mechanical characteristics of enclosing rocks. Results of mathematical simulation of mine working located in homogeneous rock mass and fixed by single anchor are given. The research was based on the data of surveying regularities in changes of border mass strain-stress behaviour and amounted to the determining of expected displacement of natural mine working contour. Dependences of changes in single anchor effecting border rock mass upon anchor length, the working depth, and physical and mathematical characteristics of rock are obtained. Rational dimensions of single anchor effect area on border mass upon the anchor length, the mine working depth and physical and mathematical characteristics of rock are determined. Efficient anchor length for the mining and geological conditions is defined. Further research will be focused on studying effect of single anchor in heterogeneous border rock mass.

Keywords: anchor, mathematical simulation, border rock mass, mine working.

Introduction. Year by year the problem of stable underground mine workings becomes more and more important. This component of mining enterprise effects considerably cost-performance ratio of mines due to rapid deepening of mining operations, deteriorating of mining and geological conditions as well as increasing in general length of mine workings.

In practice measures to improve mine working stability are rejected because they require additional costs but the resulting losses turn to be unjustifiably high. It depends on collateral losses due to deterioration of mine working conditions foremost as a result of poor transportation and ventilation.

Reliable support is possible only in case when its structural parameters are selected taking into account size and features of rock pressure. If some factors are underestimated then support is inefficient even under relatively favourable mining and geological conditions.

While analyzing the results of scientific observations, most researchers have made conclusions that no technologically possible and economically efficient frame support of mine workings within