



**Международная программа по проведению  
испытания и оценки (ИТЕР) в области  
гуманитарного разминирования**

**Практический опыт, приобретенный в процессе  
выполнения работ**

**Испытание и оценка механического оборудования для  
разминирования в соответствии с требованиями  
документа, отражающего договоренность, достигнутую  
в рамках рабочей группы CEN (CWA 15044:2004)**

**Часть 2. Интерпретация результатов измерения глубины  
проникновения в грунт**

Рабочая группа ИТЕР по проведению испытания и оценки механического  
вспомогательного оборудования для проведения очистки от мин  
(ИТЕР WGMAE)

*Дата последнего обновления: 02.04.2009*

## Содержание

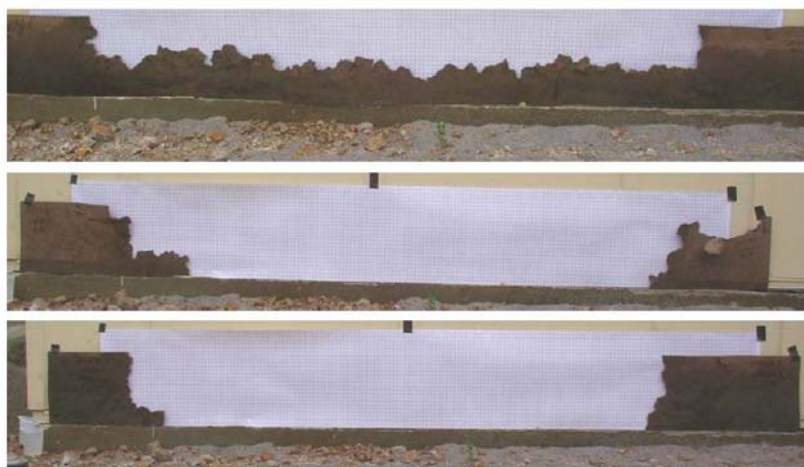
История вопроса .....	2
Места проведения измерения профиля грунта .....	3
Интерпретация и представление результатов измерения профиля грунта .....	4
Введение .....	4
Максимальная эффективная глубина (MED) .....	5
Результативность проникновения .....	8
Методы расчета MED и PE .....	10

## История вопроса

Информация, полученная в результате прямых или косвенных измерений глубины проникновения в грунт, может дать субъективные результаты оценивания за счет простого предоставления фотографий полос древесноволокнистой плиты (см. рис. 1) либо результатов построения графиков, отражающих данные о выполненных измерениях (см. рис. 2). Такая информация будет отражать возможности проникновения вглубь грунта орудия машины и предоставит пользователю возможность оценить характеристики машины в заданных рабочих условиях.



а



б

Рисунок 1. Профили проникновения вглубь грунта определены с использованием полос древесноволокнистой плиты: а) в верхнем слое грунта при закладке мин на глубину 0 см; б) в гравии при закладке мин на глубину 15 см

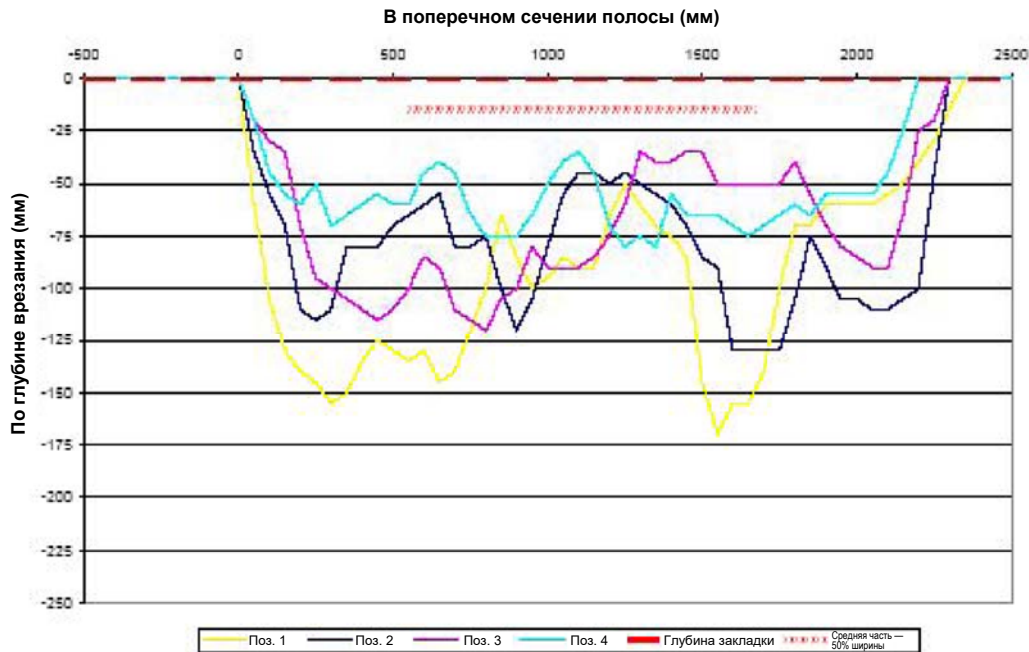


Рисунок 2. Профили проникновения орудий в грунт, определенные с применением метода прямых измерений. Профили проникновения орудий в грунт были измерены в 4 точках на длине испытательной полосы.

Однако во многих случаях, особенно при проведении испытания эксплуатационных характеристик, будет полезно иметь возможность получить количественные характеристики в отношении глубины проникновения орудия машины в заданных условиях (тип грунта, глубина закладки минной мишени). До настоящего времени не разработан метод определения количественных данных по результатам измерения глубины проникновения, который получил бы широкое признание. В прошлом использовались различные измеряемые параметры, такие как минимальная глубина проникновения, средняя глубина проникновения, результативность проникновения и т. д. В последующих разделах обсуждаются некоторые количественные параметры; при этом два из них предлагается использовать в качестве наиболее приемлемых с точки зрения информации, собираемой в ходе измерения глубины проникновения в грунт.

В ходе проведения анализа и представления данных по глубине проникновения в грунт важным моментом является указание ширины захвата орудием машины обрабатываемой полосы, по которой оцениваются результаты измерения глубины проникновения.

## Места проведения измерения профиля грунта

В CWA 15044 указано, что только центральная часть полосы, составляющая 50% ширины рабочего орудия машины, будет использоваться для закладки минных мишеней в ходе испытания эксплуатационных характеристик. Для этого существуют две основные причины.

- Если минные мишени размещаются по всей ширине орудия, тогда минутная ошибка в управлении движением приведет к тому, что эти мины окажутся вне траектории движения машины. В таком случае оцениваться будет не только машина, а будет измеряться сочетание производственных показателей оператора и эксплуатационных характеристик машины.
- При использовании минных тралов края их поперечного профиля, как правило, не являются прямыми, а имеют скругления или выступающую часть, как показано на рис. 3. Минные мишени, которые расположены близко к краям трала, обрабатываются, как правило, в рамках последующих проходов машины, которые всегда осуществляются с перекрытием полосы предыдущего прохода во избежание пропуска части площади, а также для того, чтобы обеспечить отсутствие мертвых зон вблизи границ. В документе CWA 15044 этому уделено внимание, и укладка минных мишеней ограничена полосой, расположенной в центре и составляющей 50% ширины трала.

Для обеспечения согласованности рекомендуется анализировать результаты измерения глубины проникновения орудия по ширине полосы, расположенной по центру и составляющей 50% рабочей ширины орудия машины.



Рисунок 3. Скругленные края в сечении трала

## Интерпретация и представление результатов измерения профиля грунта

### Введение

Если машина для разминирования с таким орудием, как трал или почвенная фреза, равномерно срезает верхний слой грунта на согласованную глубину, можно быть обоснованно уверенным в том, что мины будут, по крайней мере, задействованы бойками. С другой стороны, измерение глубины проникновения в грунт, описанное на рис. 4, демонстрирует гипотетические случаи, когда машина не выполняет требование по равномерному срезанию грунта на заданную глубину и, таким образом, происходит пропуск мин. Понятно, что во всех четырех примерах указаны различные уровни эксплуатационных характеристик, и важным является то, чтобы при использовании количественного параметра были отражены эти различные уровни эксплуатационных характеристик.

Одним из путей численного выражения эксплуатационных характеристик на основе измерения глубины проникновения в грунт может быть просто определение минимальной обеспеченной глубины. В этом случае первые две панели отображают одинаковые эксплуатационные характеристики с эффективным обеспечением нулевой глубины. На третьей панели обеспечиваемая эффективная глубина составляет 10 см, а на панели 4 может достигаться номинальное значение 1 см. Хотя этот пример и прост, он не может служить в качестве осмысленного способа количественной оценки эксплуатационных характеристик с точки зрения проникновения в грунт. В этом случае максимальная глубина проникновения будет иметь даже меньшее значение. Среднюю глубину также можно без труда рассчитать и осмыслить, но на рис. 4 показано, что такой подход может оказаться не особенно удобным.

Другой метод может представлять собой расчет количества грунта, который мог быть снят, после чего рассчитывается количество оставшегося. На панелях 1, 2 и 3, которые представлены на рис. 4, максимальная глубина составляет 25 см. Если предположить, что суммарная ширина составляет 100 см, тогда суммарное количество грунта, которое могло быть снято (как видно на данном представлении профиля), может составить 2500 см<sup>2</sup>. По данным, приведенным на панели 1, остается примерно 1250 см<sup>2</sup>; это означает, что было снято только 50% грунта на глубину до 25 см. На панели 2 приведены аналогичные данные, но, в отличие от предыдущего случая, было снято только 30% грунта на глубину до 25 см. На панели 3 представлен результат снятия около 90% грунта на 25 см в глубину, а полностью на 100% был снят слой грунта на глубину 10 см. Панель 4 может быть оценена аналогичным образом. Это относительно простой способ выразить в численном виде результаты измерения глубины проникновения в грунт в рамках сценария проведения испытания, но опять-таки подобные результаты не будут достаточно выразительными. Ни один из этих методов не учитывает возможности того, что мины могут оказаться скрытыми за неровностями поверхности.

Таким образом, предлагается два параметра: **максимальная эффективная глубина (MED)** и **результативность проникновения (PE)**. Они будут использоваться в качестве параметров, которые могут быть более полезными для количественного выражения результатов измерения глубины проникновения в грунт на территории участка для проведения испытания. Оба параметра позволяют оценить

эксплуатационные характеристики в виде глубины проникновения в грунт с точки зрения выявления мест, где мина может быть скрыта от рабочего орудия машины (или другого элемента орудия машины, например зубьев почвенной фрезы). Получить значения параметров относительно просто, что обеспечит непосредственную связь с потребностями саперов и/или пользователей машин.

### **Максимальная эффективная глубина (MED)**

См. рис. 5. Если предположить минную мишень, размеры которой отвечают размерам противопехотной мины, указанным в документе CWA 15044, профиль, представленный на панели 1, будет соотнесен с глубиной 25 см. Любые мины, расположенные на глубине залегания (DOB) более 25 см, могут войти в соударение с бойком или быть другим образом задействованными либо поврежденными. Расположенные ниже данной глубины мины могут уйти от соударения с головкой бойка.

На панели 2 представлены три возможности. Синяя мина начинает выступать над зоной пропуска при значении DOB, приблизительно равном 12 см. У красной мины углы немного выступают за пределы DOB, примерно на 5 см, а для желтой мины DOB составляет 0 см, где большинство мин остаются скрытыми, но их взрыватель подвержен воздействию. Какая из этих трех глубин залегания, которая будет выбрана, зависит от того, будет ли предполагаться повреждение мины, если произойдет соприкосновение только с выступающей ее частью.

Оценить панель 3 несколько проще; мина остается полностью скрытой до тех пор, пока взрыватель выступает при DOB, равном 10 см.

Наконец, на панели 4 синяя мина начинает попадать в зону воздействия при DOB, равном 15 см, однако можно спорить о том, получит ли она повреждение, если выступать будет только угол. Без сомнения, мина, находящаяся на DOB 11 см, вероятнее всего сработает или будет разрушена.

**Максимальная эффективная глубина (MED)** определяется как минимальная глубина, на которой мины могут быть скрыты в оставшемся грунте. Другими словами, если машина обрабатывает определенный объем грунта до глубины 10 см или более, но оставляет определенные площади обработанными на глубину всего 6 см, максимальная эффективная глубина будет составлять 6 см. С точки зрения сапера это будет, возможно, самая полезная мера с точки зрения эксплуатационных характеристик, поскольку она дает ему возможность получить определенное доверие к результатам ниже указанной глубины.

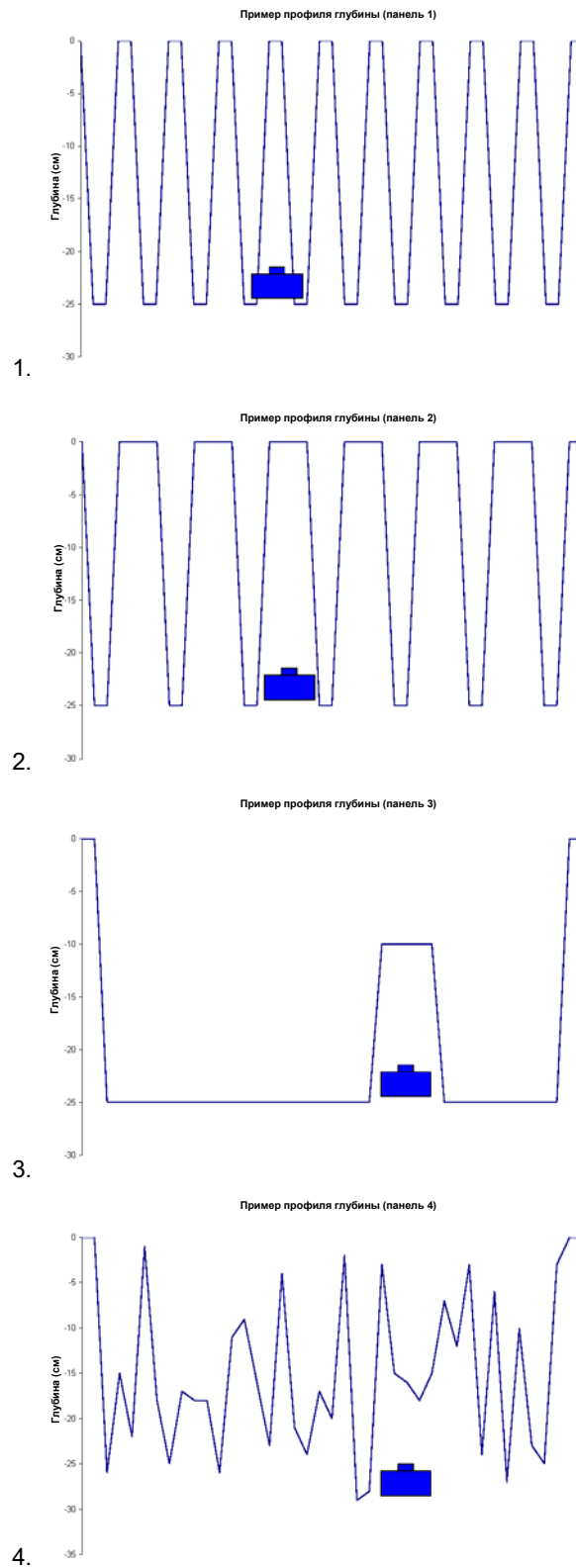


Рисунок 4. Гипотетические результаты измерения глубины проникновения в грунт

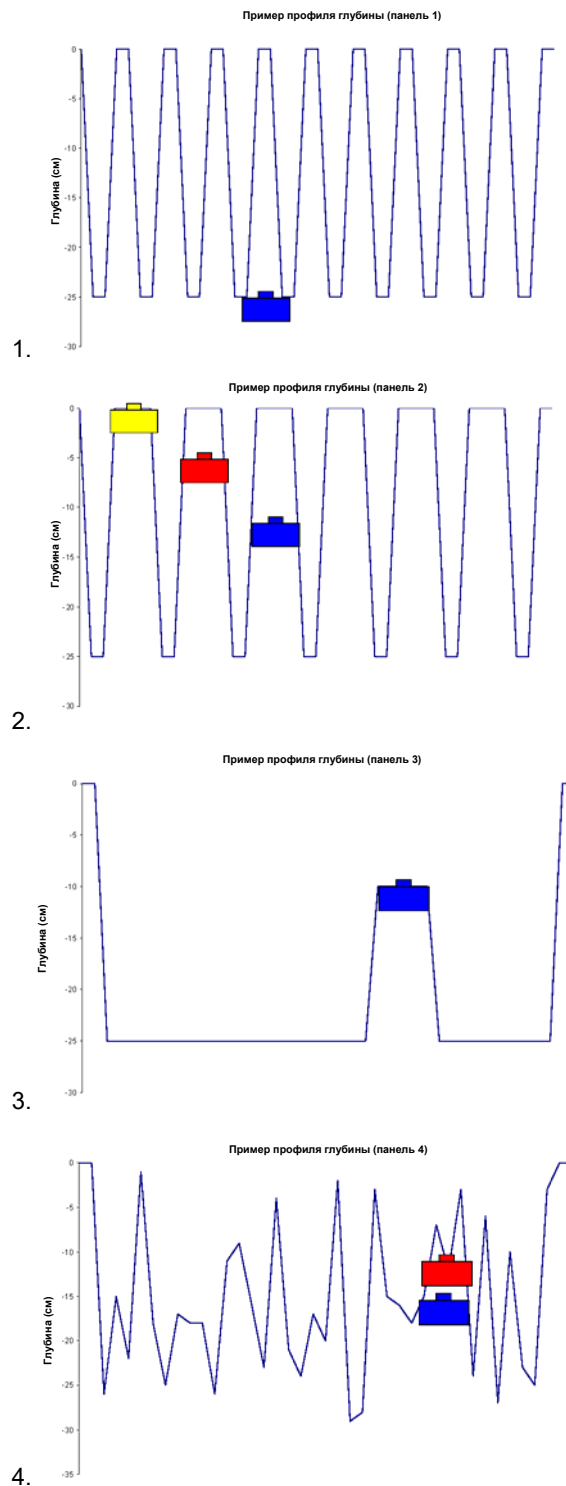


Рисунок 5. Гипотетические результаты измерения глубины проникновения в грунт — скрытые мины. Метод



## Результативность проникновения

Определение максимальной эффективной глубины не вызывает трудностей в осмыслении. Оно относится к саперу, но может не раскрывать часть важных сведений. Рассмотрим случай, где три полосы из древесноволокнистой плиты для одной машины продемонстрировали три совершенно гладких, согласующихся между собой единообразных профиля, каждый из которых отображает измеренную глубину 25 см, а четвертый профиль был подобен предыдущим, за исключением наличия одной зоны пропуска шириной 8 см, достигающей поверхности. В этом случае одна небольшая зона пропуска сводит на нет отличные в остальном эксплуатационные характеристики и сокращает максимальную эффективную глубину до 0 см для всего испытания. Рассмотрим результаты для второй машины, которые представляют собой четыре профиля с одинаково низкими характеристиками, где не отмечается проникновение в грунт глубже чем на 3 см и где в большей части грунта проникновение не наблюдалось. Данную машину также можно рассматривать как имеющую максимальную эффективную глубину 0 см. Используя лишь показатель максимальной эффективной глубины, можно утверждать, что обе машины обладают одинаковой способностью к проникновению в грунт.

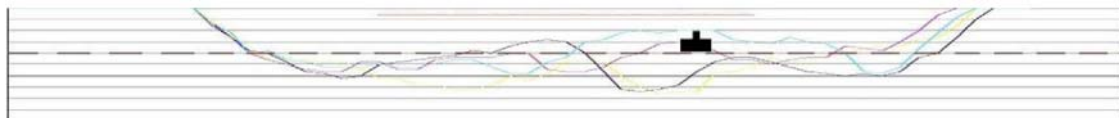
Вторым дополняющим методом для определения численных характеристик и представления информации в отношении способности к проникновению в грунт может быть определение того, насколько эффективно машина обеспечивает проникновение в грунт на определенную интересующую глубину. В качестве значения глубины может использоваться глубина залегания, выбранная для целей испытания, или это может быть какая-либо другая случайным образом выбранная интересующая глубина. Такой же метод применим и в других случаях.

Чтобы проиллюстрировать этот метод, рассмотрим пример, представленный на рис. 6, который демонстрирует четыре профиля для глубины проникновения в грунт по результатам испытания реально существующей машины. В данном примере минные мишени были размещены на DOB 10 см. Таким образом, в данном примере будет оценена результативность проникновения на указанную глубину и отображена в виде пунктирной линии в каждом из профилей. Как было указано выше, в целях сохранения согласованности с точками размещения минных мишеней, определенными в документе CWA15044, анализ будет ограничен полосой, расположенной по центру, ширина которой составляет 50% от общей ширины полосы. Результаты показаны в виде расположенной сверху коричневой линии, проходящей через центр профиля. Та же процедура будет в точности повторена для получения результатов анализа по всей ширине полосы или же для получения результатов для другой глубины.

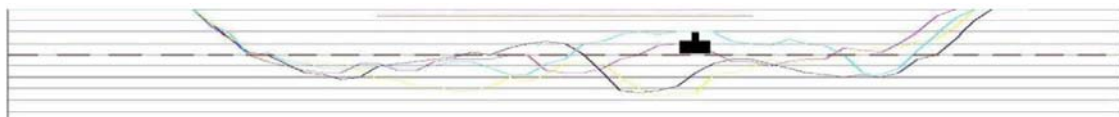
На каждой панели рис. 6 демонстрируется четыре измеренных в ходе испытания одной машины (одной испытательной полосы) и наложенных друг на друга профиля для глубины проникновения в грунт. Кроме того, здесь представлен контур минной мишени типа WORM (в масштабе) в точке максимально эффективной глубины.

- На первой панели представлена минная мишень, установленная на максимальной эффективной глубине (MED). Минная мишень, расположенная на MED, повторена и на остальных панелях. Для каждого профиля можно сформулировать вопрос: «Имеется ли где-либо на данном профиле такая точка, чтобы мина, заложённая на DOB, равной 10 см, имела возможность избежать взаимодействия с бойком трала?».
- На второй панели представлен анализ первого профиля измерения глубины проникновения в грунт, который отображен желтым цветом. В таком случае глубина проникновения в грунт орудия машины была достаточной вдоль всей центральной части полосы шириной в 50% общей ширины полосы, чтобы не была пропущена ни одна мина на DOB 10 см.
- На третьей панели представлен второй профиль в виде кривой темно-синего цвета. В этом случае имеет место область, в которой мины на DOB 10 см могли оказаться пропущенными и не получить удар бойка. Контур одной мины показан у левого края этого участка и еще одной — у правого со стрелкой, отображающей полную ширину попавшего под воздействие участка.
- Рядом представлен третий измеренный профиль, отображаемый светло-синим цветом. В этом случае также имеется участок, на котором могут быть пропущены мины с DOB 10 см. Контур мины, расположенной слева, показан отдельно, а мины, расположенной справа, — частично наложен на контур мины, отображающей максимальную эффективную глубину. Стрелка, опять же, отображает ширину участка.
- Наконец, четвертый измеренный профиль показан в виде светло-фиолетовой линии на нижней панели. Здесь снова представлены две фигуры мины, и стрелка указывает на попавший под воздействие участок.

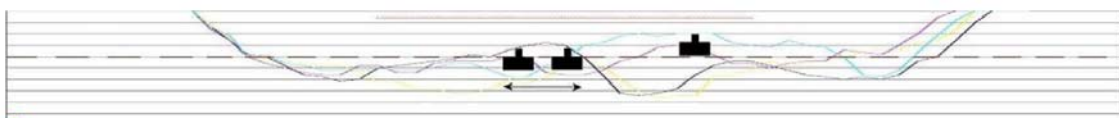




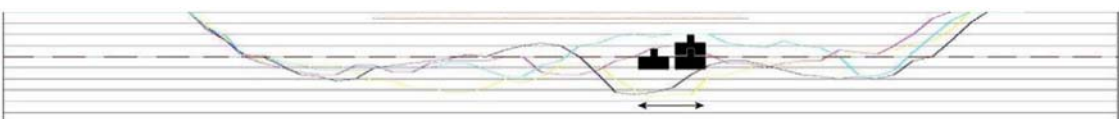
Панель 1. Мишень расположена на максимальной эффективной глубине. Минные мишени типа WORM, расположенные на меньшей глубине, попадут под воздействие орудия машины



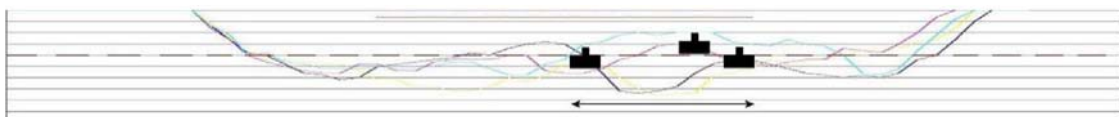
Панель 2. Одна мишень расположена на максимальной эффективной глубине. Перемещение минной мишени на глубине залегания 10 см (измерено до верхней точки минной мишени!) по ширине желтого профиля указывает на отсутствие возможности пропуска мины



Панель 3. Одна мишень расположена на максимальной эффективной глубине. Перемещение миной мишени на глубине залегания 10 см (измерено до верхней точки минной мишени!) по ширине темно-синего профиля указывает на наличие возможности пропуска мины



Панель 4. Одна мишень расположена на максимальной эффективной глубине. Перемещение минной мишени на глубине залегания 10 см (измерено до верхней точки минной мишени!) по ширине светло-синего профиля указывает на наличие возможности пропуска мины



Панель 5. Одна мишень расположена на максимальной эффективной глубине. Перемещение миной мишени на глубине залегания 10 см (измерено до верхней точки минной мишени!) по ширине фиолетового профиля указывает на наличие возможности пропуска мины

Рисунок 6. Результативность проникновения орудия в грунт; пример для мишеней с глубиной залегания 10 см

Ширина каждого интересующего участка измеряется и сравнивается, как показано в таблице 1. В данном случае измерения выполнены в пикселях, поскольку они проводились непосредственно на цифровых фотографиях полос древесноволокнистой плиты. Эти результаты также можно представить в метрах, дюймах или любых других удобных единицах измерения, поскольку окончательные значения не зависят от единиц измерения.

В рамках данного примера имела место возможность того, что при DOB 10 см боек трала может не попасть по mine на 22% площади центральной полосы. Однако в ходе этого испытания машина достигла достаточного уровня проникновения в грунт, обеспечив на 78% центральной полосы отсутствие пропусков предписанных минных мишеней на DOB 10 см бойками трала. Таким образом, для данной испытательной полосы  $PE_{10} = 78\%$ . Кроме того, на этих же профилях может быть выполнен аналогичный анализ для полной ширины полосы либо для других интересующих глубин залегания,

а поскольку окончательный результат представлен в процентах, не имеет значения, какие единицы применялись при измерении ширины.

Таблица 1. Результативность проникновения в грунт. Пример для глубины 10 см (согласно рис. 6)

<b>Профиль №</b>	<b>Ширина центральной полосы, составляющей 50% общей ширины (пиксели)</b>	<b>Ширина пропущенного участка (пиксели)</b>	<b>Процентная доля пропущенной ширины (%)</b>
Профиль 1	845	0	0%
Профиль 2	845	177	21%
Профиль 3	845	150	18%
Профиль 4	845	409	48%
Общая ширина	3380	736	22%
PE <sub>10</sub> = 78%			

**Результативность проникновения** при определенных значениях глубины «х» (PE<sub>х</sub>) указывает, на какой части обработанной полосы машине удалось захватить минные мишени при заданной глубине их залегания. Таким образом, если профиль демонстрирует, что была достигнута глубина 20 см на 80% ширины этого профиля, результативность проникновения в грунт может быть представлена в виде PE<sub>20</sub> = 80%. При наличии результатов измерения по базовому профилю результативность проникновения в грунт можно без труда определить для любой другой глубины залегания.

## **Методы расчета MED и PE**

Исходя из предположения, что в ходе испытания использовались полосы древесноволокнистой плиты, простейшим способом получения оценочных данных о MED и PE является применение переноса на бумагу полноразмерного минного профиля. Нахождение самых малых глубин, где могут быть скрыты мины, — это быстрый и простой метод; полученные результаты могут быть измерены непосредственно с полос древесноволокнистой плиты для получения данных о максимальной эффективной глубине (MED). Поместив линейку по другую сторону от древесноволокнистой плиты на интегресующую глубину для определения результативности проникновения, перенесенный на бумагу профиль можно перемещать в точки, где может находиться пропущенная мина. Ширину в каждой точке можно измерить и внести в таблицу, как показано на приведенном выше примере, чтобы получить величину результативности проникновения для этой глубины.

Если оцениванию подлежат несколько результатов испытаний или профилей, может оказаться полезным выполнение такого оценивания в электронном виде. В принципе, это можно выполнить достаточно просто:

- взять цифровую фотографию полосы древесноволокнистой плиты;
- воспользовавшись любой из многочисленных программ обработки цифровых изображений, проследить местоположения срезанных кромок полос древесноволокнистой плиты и определить координаты «х» и «у» пикселей по всей длине срезанных кромок;
- сформировать электронную таблицу с необходимыми функциями (уравнениями) для сравнения полученных значений «х» и «у» для пиксельного профиля с размерами мины, чтобы получить результаты по MED и PE;
- импортировать координаты «х» и «у» пикселей в электронную таблицу.

Была разработана и применена подробная процедура для выполнения таких действий, описанная как минимум в двух работах: [1] и [2]. Опыт выполнения таких действий показывает, что вся процедура, включая обработку фотографии, получение данных и анализ электронной таблицы, может занять менее пяти минут на одну полосу древесноволокнистой плиты. Любой студент, изучающий курс программирования, вероятно, будет в состоянии создать более быструю и простую программу, которая будет выполняться мгновенно, но такая цель не преследовалась. Заинтересованные стороны



## Международная программа по проведению испытания и оценки (ITEP) в области гуманитарного разминирования

Стр. 11

могут получить электронные таблицы и процедуры на веб-сайте ITEP и/или Defence R&D Canada: Suffield (Джефф Коли (Geoff Coley): +1-403-544-4046; Уильям Робертс (William Roberts): +1-403-544-4756; Расс Фолл (Russ Fall): +1403-544-4769).

[1] **Demonstration Trial of Bozena-4 and MV-4 Flails**, G. C. Coley, D. J. Roseveare, P. G. Danielsson, T. T. Karlsson, S. M. Bowen, L. M. Wye, F. C. A. Borry, 2007. (Демонстрационное пробное испытание тралов Bozena-4 и MV-4. Дж. Коли, Д. Роузвир, П. Даниэльссон, Т. Карлссон, С. Боуэн, Л. Уай, Ф. Борри. 2007). Материал можно получить по адресу <http://www.itep.ws/pdf/NairobiFinal.pdf>

[2] **Machine Demonstration Analysis and Preliminary Results**, G. Coley, 2007 (Анализ и предварительные результаты демонстрационного испытания машины. Дж. Коли. 2007). Материал можно получить по адресу [http://www.itep.ws/pdf/MachineDemoSibenik2007\\_Coley.pdf](http://www.itep.ws/pdf/MachineDemoSibenik2007_Coley.pdf)