

УДК 621.828.6

А. П. Смоляр, канд. техн. наук, доц.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕЗАНИЯ ГРУНТА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрена методика определения пути, который должна пройти тензометрическая тележка при определении экстремальных значений нормальной, касательной и боковой составляющих сопротивления резанию при проведении исследований в лабораторных условиях.

При проведении сопоставительного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований необходимо знать минимальное число идентичных экспериментов для получения результатов с требуемой степенью точности. Методики определения необходимого числа опытов широко апробированы и за долгие годы использования хорошо себя зарекомендовали. Разрушение грунта представляет собой динамический процесс, состоящий из больших и малых сдвигов, поэтому при проведении экспериментальных исследований необходимо знать, за какой промежуток времени происходит сдвиг грунта. Так, например, при проведении расчетов геометрических параметров ножа необходимо учитывать только большие сдвиги, а при проведении исследований динамической нагруженности рабочего оборудования необходимо учитывать не только экстремальные значения составляющих сопротивления резанию при больших и малых сдвигах, но и их сочетания в процессе движения рабочего оборудования. Поэтому актуальной становится задача определения пути, который должна пройти тензометрическая тележка, чтобы за этот период произошло требуемое число сдвигов.

Ниже рассмотрена методика определения экстремальных значений составляющих сопротивления резанию, под которыми подразумеваются максимальные и минимальные значения нормальной, касательной и боковой составляющих сопротивления резанию при проведении исследований в грунтовом

канале Белорусско-Российского университета [1]. Проведение исследований в лабораторных условиях позволяет снизить не только их трудоемкость и стоимость, но и дает возможность осуществлять требуемое количество экспериментов в одних и тех же условиях.

Необходимое число опытов и длина пути, проходимая ножом при каждом эксперименте, устанавливаются на основании статистической обработки результатов исходя из величины характерного для данного метода испытаний коэффициента вариации $K_{\text{вар}}$ и требуемой степени точности результата $K_{\text{доп}}$. Основываясь на многочисленных экспериментах по определению механических свойств грунтов [2, 3], можно принимать рекомендуемые авторами значения $K_{\text{доп}} = 12\%$.

Как лобовое, так и косое резание представляют собой процесс периодического отделения стружки грунта, сопровождающийся соответствующим изменением сил, что видно из осциллограмм, приведенных на рис. 1. При фиксации экстремальных значений сил необходимо знать их минимальное количество, обеспечивающее принятую точность измерений. Поскольку при проведении эксперимента количество колебаний сил трудно фиксировать, то можно определить путь, который необходимо проехать тензометрической тележке для того, чтобы получившаяся выборка экстремальных значений сил соответствовала налагаемым требованиям достоверности.

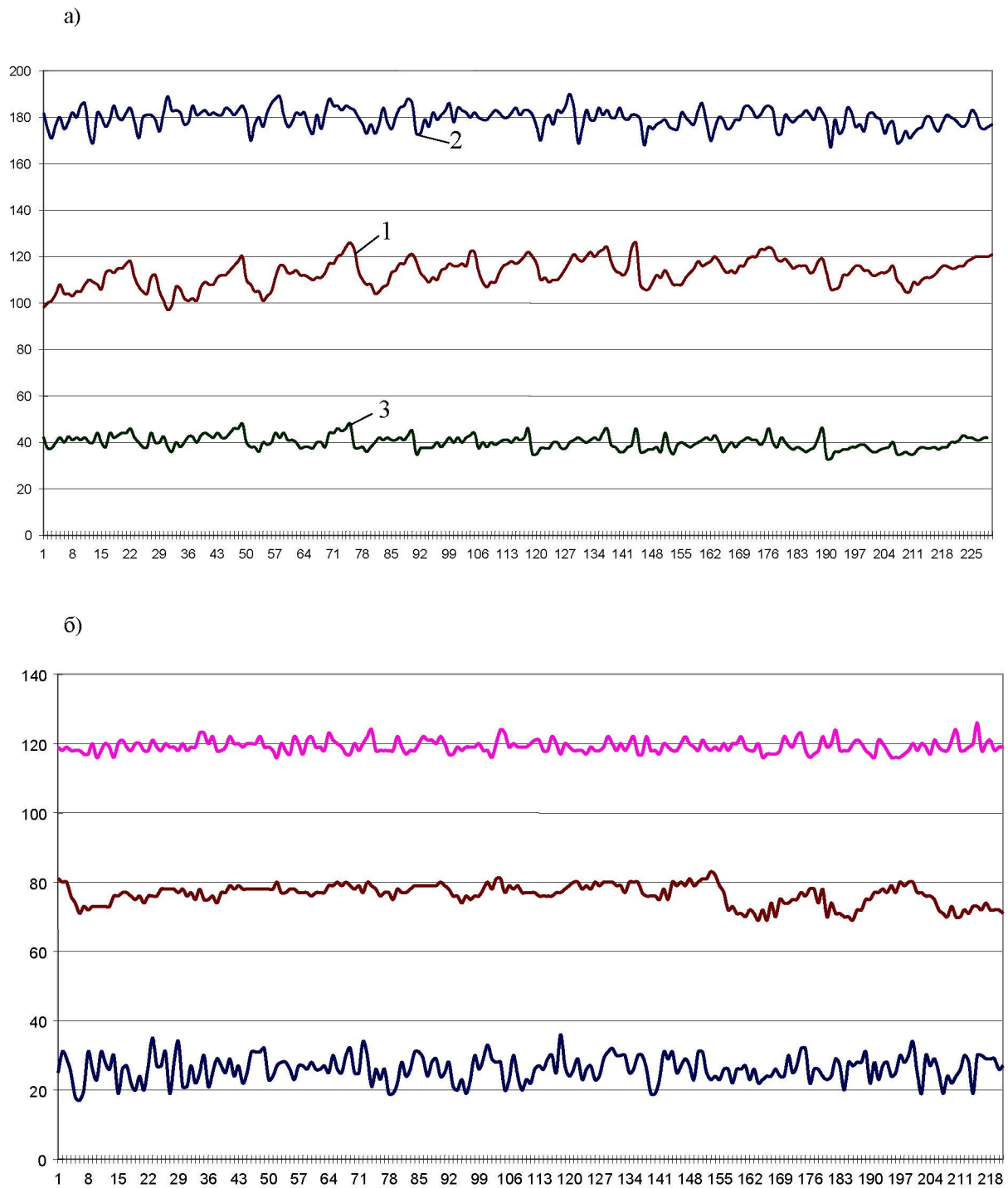
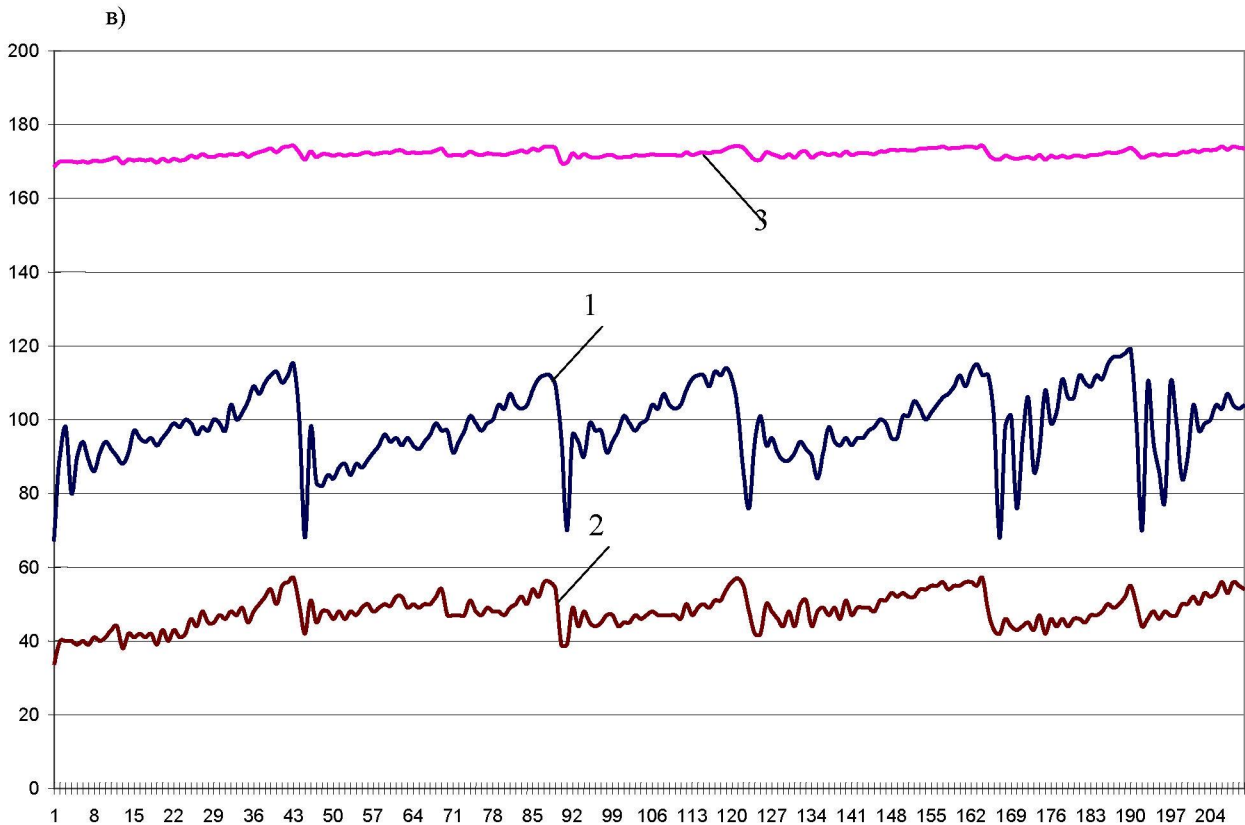


Рис. 1. Фрагменты оциллограммы блокированного резания грунта: а – при толщине срезаемой стружки $h = 0,02$ м, угле резания $\alpha = 60^\circ$, ширине рабочего органа $B = 0,325$ м и угле поворота ножа $\varphi = 60^\circ$; б – при толщине срезаемой стружки $h = 0,02$ м, угле резания $\alpha = 60^\circ$, ширине рабочего органа $B = 0,325$ м и угле поворота ножа $\varphi = 45^\circ$; в – при толщине срезаемой стружки $h = 0,08$ м, угле резания $\alpha = 30^\circ$, ширине рабочего органа $B = 0,08$ м и угле поворота ножа в плане $\varphi = 15^\circ$; 1 – горизонтальная составляющая резанию; 2 – вертикальная составляющая; 3 – боковая составляющая



Окончание рис. 1

С этой целью проводился начальный эксперимент, данные для которого снимались на всей протяженности грунтового канала (за исключением подготовляемого приямка и неустановившегося режима резания). После этого с помощью программного обеспечения Microsoft Excel определялись среднее арифметическое максимального значения сопротивления копанью и средне-квадратичное отклонение. Данные, необходимые для расчета коэффициента вариации, сведены в табл. 1.

Коэффициент вариации определялся по формуле

$$K_{\text{вар}} = \frac{100 \cdot \sigma}{P_{\text{max}}^{\text{cp}}} = \frac{100 \cdot 5,4561}{44,622} = 12,22739 \%$$

По отношению $K_{\text{доп}} / K_{\text{вар}} = 12 / 12,22739 = 1,018949$ принималось по рекомендациям [3, 4] необходимое число замеров, равное $n = 4$. При такой

кратности замеров средняя погрешность опытов не превышает 10 %, что вполне допустимо при исследовании процессов копания грунта [3].

При скорости передвижения тензометрической тележки $v = 0,07$ м/с и средней продолжительности одного цикла, практически не превышающей $t = 50 \cdot 10^{-2}$ с, длина пути составит:

$$L = v t n = 50 \cdot 10^{-2} \cdot 0,07 \cdot 4 = 0,14 \text{ м.}$$

Отметим, что этот путь относится только к установившемуся режиму резания. Анализ экспериментов показал, что установившийся режим резания наступает приблизительно за $t' = 210 \cdot 10^{-2}$ с. Тогда полная длина пути при проведении одного эксперимента составит:

$$L' = t' v + L = 210 \cdot 10^{-2} \cdot 0,07 + 0,14 = 0,287 \text{ м.}$$

При этом принимался необходимый минимальный путь при одном экс-

перименте, равный 0,5 м, что повышало надежность полученных результатов. За этот промежуток пути происходит

$$n = \frac{0,5 - 210 \cdot 10^{-2} \cdot 0,07}{50 \cdot 10^{-2} \cdot 0,07} \approx 10 \text{ циклов.}$$

Табл. 1. Данные для определения необходимого пути

| Номер опыта | Значение параметра P_{\max} | Номер опыта | Значение параметра P_{\max} | Номер опыта | Значение параметра P_{\max} |
|-------------|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | 46,768 | 25 | 40,848 | 49 | 48,544 |
| 2 | 37,296 | 26 | 40,848 | 50 | 52,096 |
| 3 | 37,296 | 27 | 39,072 | 51 | 49,728 |
| 4 | 41,44 | 28 | 41,44 | 52 | 48,544 |
| 5 | 37,888 | 29 | 39,072 | 53 | 52,096 |
| 6 | 39,664 | 30 | 39,072 | 54 | 49,728 |
| 7 | 36,112 | 31 | 40,256 | 55 | 52,688 |
| 8 | 39,664 | 32 | 40,256 | 56 | 49,728 |
| 9 | 41,44 | 33 | 41,44 | 57 | 49,136 |
| 10 | 39,072 | 34 | 41,44 | 58 | 50,912 |
| 11 | 41,44 | 35 | 40,848 | 59 | 51,504 |
| 12 | 37,888 | 36 | 40,848 | 60 | 50,912 |
| 13 | 41,44 | 37 | 42,032 | 61 | 50,912 |
| 14 | 40,256 | 38 | 39,072 | 62 | 52,096 |
| 15 | 39,664 | 39 | 42,624 | 63 | 50,32 |
| 16 | 41,44 | 40 | 41,44 | 64 | 52,096 |
| 17 | 40,848 | 41 | 44,4 | 65 | 52,096 |
| 18 | 39,664 | 42 | 44,4 | 66 | 51,504 |
| 19 | 39,664 | 43 | 46,176 | 67 | 50,912 |
| 20 | 40,256 | 44 | 50,32 | 68 | 53,28 |
| 21 | 38,48 | 45 | 47,36 | 69 | 52,096 |
| 22 | 39,072 | 46 | 47,36 | 70 | 52,688 |
| 23 | 39,072 | 47 | 52,096 | 71 | 50,32 |
| 24 | 38,48 | 48 | 49,728 | 72 | 52,096 |
| Σ 3212,784 | | Среднее значение параметра $\bar{P}_{\max}^{\text{ср}} = 44,622$ | | Среднеквадратичное отклонение $\sigma = 5,456105$ | |

Для определения необходимого числа опытов предварительно было проведено 10 опытов при одних и тех же условиях. По полученным средним значениям максимальной силы сопротивления резанию по каждому опыту осуществлялась статистическая обработка аналогично рассмотренной выше.

Результаты представлены в табл. 2.

Среднеквадратичное отклонение составит:

$$\sigma = 4,42447737.$$

Среднее значение параметра

$$\bar{P}_{\max}^{\text{ср}} = 42,94.$$

Коэффициент вариации

$$K_{\text{вар}} = 100 \cdot \sigma / \bar{P}_{\text{max}}^{\text{ср}} = 100 \cdot 4,42447737 / 42,94 = 10,3 \%$$

По отношению $K_{\text{доп}} / K_{\text{вар}} = 12 / 10,3 = 1,165$ в соответствии с рекомендациями [3] необходимое число опытов со-

ставит $m = 3$.

Таким образом, представленная методика позволяет проводить экспериментальные исследования с требуемой точностью и минимальными затратами времени и ресурсов.

Табл. 2. Данные для определения необходимого числа опытов

| Номер опыта | Значение параметра \bar{P}_{max} |
|-------------|---|
| 1 | 46,8 |
| 2 | 50,2 |
| 3 | 48,6 |
| 4 | 37,5 |
| 5 | 41,1 |
| 6 | 39,3 |
| 7 | 42,4 |
| 8 | 44,5 |
| 9 | 40,9 |
| 10 | 38,1 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Берестов, Е. И.** Сопротивление грунтов резанию: монография / Е. И. Берестов, А. П. Смоляр. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2008. – 179 с. : ил.
 2. **Зеленин, А. Н.** Разрушение мерзлых грунтов резанием, ударом и вибрацией / А. Н. Зеленин // ЦИНТИАМ. – 1962. – Сер. VI.

3. **Зеленин, А. Н.** Лабораторный практикум по резанию грунтов / А. Н. Зеленин, Г. Н. Карасев, Л. В. Красильников. – М. : Высш. шк., 1969. – 310 с.
 4. **Гмурман, В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1977. – 480 с.

Белорусско-Российский университет
 Материал поступил 12.06.2009

A. P. Smolyar
The methods of experimental research of soil cutting in the laboratory conditions

In this article the methods of determination of the way that a strain gage cart should go with determination of the extreme rates of normal, tangent and side components of resistance to cutting in the laboratory conditions research are considered in the article.