

УДК 550.34.016

Б. К. КАРАПЕТЯН, С. С. СИМОНЯН

УСТАНОВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ
ГРУНТА И ПОВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
ПРИ ДАЛЕКИХ СИЛЬНЫХ ВЗРЫВАХ¹

Для установления основных параметров колебаний грунта и поведения зданий при сейсмозрывных воздействиях, обследованы последствия двадцати далеких сильных взрывов, которые классифицированы по интенсивности, исходя из макросейсмических обследований.

В качестве показателя действия взрыва на здания, было принято образование трещин в капитальных стенах, в основном, с наружной стороны. Для определения степени воздействия колебаний на образование трещин пользовались максимальными величинами смещений и скоростей колебаний грунта и величинами приведенных сейсмических ускорений и скоростей.

По характеру трещины, образовавшиеся после сейсмозрывного воздействия, можно разделить на четыре типа: 1) трещины, имеющие начало в углах нижней части проемов, которые по простирацию могут быть вертикальными и косыми; 2) трещины, проходящие от середины нижней части проемов; 3) трещины, проходящие от углов верхней части проемов; 4) трещины, образующиеся в простенках, в том числе вертикальные трещины, проходящие по простенкам вблизи проемов.

Как правило, трещины проходят по вертикальным и горизонтальным швам кладки, иногда пересекая отдельные кирпичи в поперечном направлении. Количество трещин в двух противоположных стенах у большинства обследованных зданий приблизительно одинаково и постепенно уменьшается от нижнего этажа к верхнему.

Образовавшиеся в зданиях повреждения можно разделить на следующие группы:

1. Единичные повреждения. Единичные волосные трещины.

2. Легкие повреждения. Волосные трещины в стенах с наружной стороны, в основном, по швам кладки от углов и середины нижней части проемов, редко по кирпичам; иногда заметно расширяются уже существующие трещины.

¹ Понятие «далекие сильные взрывы» введено для взрывов, расположенных на расстоянии более 80 км от места наблюдений, где они имеют интенсивность более 3 баллов.

3. Чувствительные повреждения. Тонкие трещины в стенах с наружной стороны нижней части проемов, в основном, по швам кладки, иногда по кирпичам, шириной до 1,0—1,5 мм; редко трещины в простенках; расширение уже существующих трещин и образование сквозных.

4. Значительные повреждения. Многочисленные трещины, проходящие от углов и середины оконных проемов; редкие трещины в простенках и проходящие по простенкам вблизи проемов; расширение уже имевшихся трещин, до 2 мм; образование сквозных трещин.

При неоднократном визуальном обследовании выяснилось, что во всех типах зданий повреждения носят массовый характер, что является следствием превышения несущей способности кладки. Повреждения в начале образуются на нижних этажах зданий, а при повторных воздействиях — на верхних. Повреждения у краев зданий больше, чем в середине. Трещины, в основном, образуются в углах и середине проемов, редко в простенках. Трещины в продольных стенах больше, чем в торцовых. Однако, имеются случаи, когда продольные и торцовые стены повреждены, примерно, одинаково. В наружных стенах трещин больше, чем во внутренних.

Здания с различными объемно-планировочными и конструктивными решениями повреждаются в различной степени и по сопротивляемости горизонтальным нагрузкам (по мере увеличения повреждений) их можно расположить в следующей последовательности: жилые крупноблочные здания, жилые крупнопанельные здания, жилые и общественные здания с кирпичными продольными несущими стенами.

Макросейсмическое обследование зданий позволяет нам выделить три отдельные группы взрывов, оказывающие одинаковое сейсмическое воздействие на здания: 1) взрывы, не вызывающие повреждений; 2) взрывы, вызывающие, в основном, легкие повреждения; 3) взрывы, вызывающие, в основном, чувствительные, а в некоторых случаях значительные повреждения.

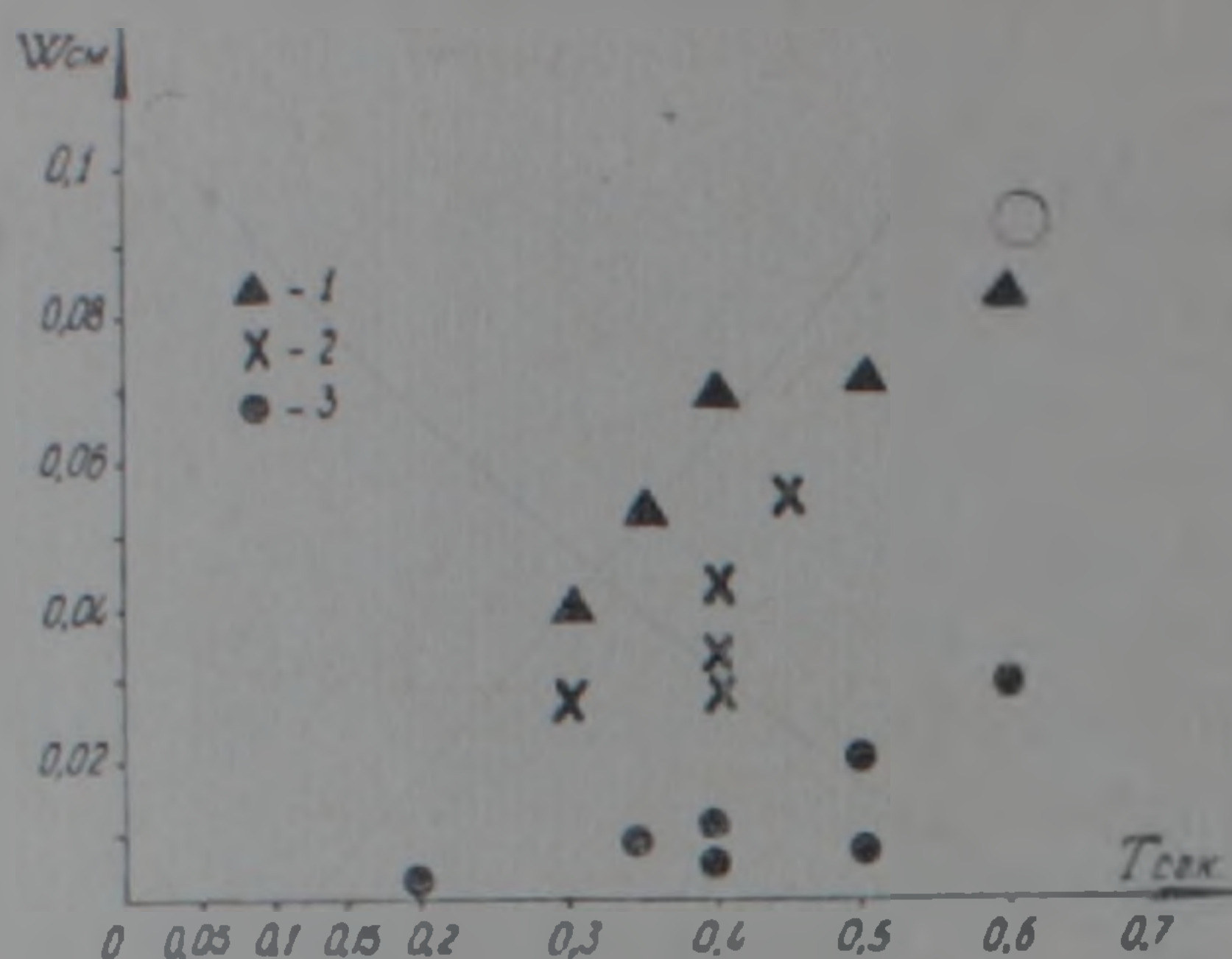
К этим же группам отнесены также инструментальные данные, полученные при тех же взрывах: смещение и скорость колебаний грунта, приведенные сейсмические скорость и ускорение.

Величины горизонтальных составляющих максимальных смещений и скоростей по отдельным группам взрывов приведены на фигурах 1 и 2. На графиках четко выделяются области, характеризующие отдельные группы взрывов: для первой группы при периодах 0,2—0,6 сек смещения находятся в пределах до 0,03 см; для второй группы при периодах 0,3—0,45 сек смещения изменяются от 0,03 до 0,05 см; для третьей группы при периодах 0,3—0,6 сек смещения имеют значения 0,05—0,85 см.

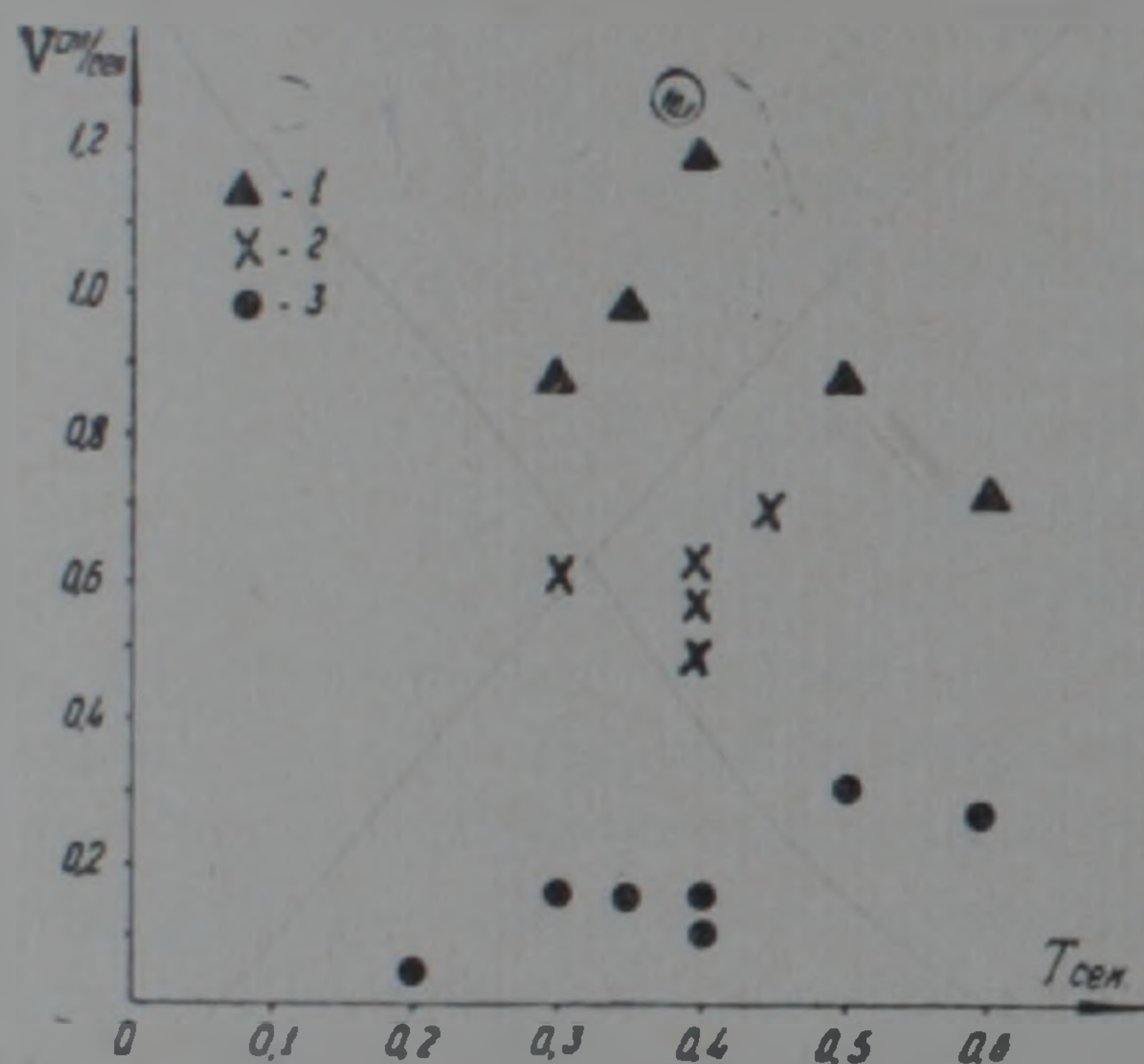
Скорости колебаний грунта V имеют следующие значения: для первой группы до 0,32 см/сек; для второй группы 0,35—0,7 см/сек; для третьей группы 0,7—1,2 см/сек.

Переход от смещения к скоростям даст возможность характеризовать соответствующие группы взрывов, учитывая и период колебаний

Известия, XXVI, № 4—4



Фиг. 1. График зависимости величины смещений колебаний грунта для различных групп взрывов: 1 — III группа; 2 — II группа; 3 — I группа.



Фиг. 2. График зависимости величины скоростей колебаний грунта от периода для различных групп взрывов: 1 — III группа; 2 — II группа; 3 — I группа.

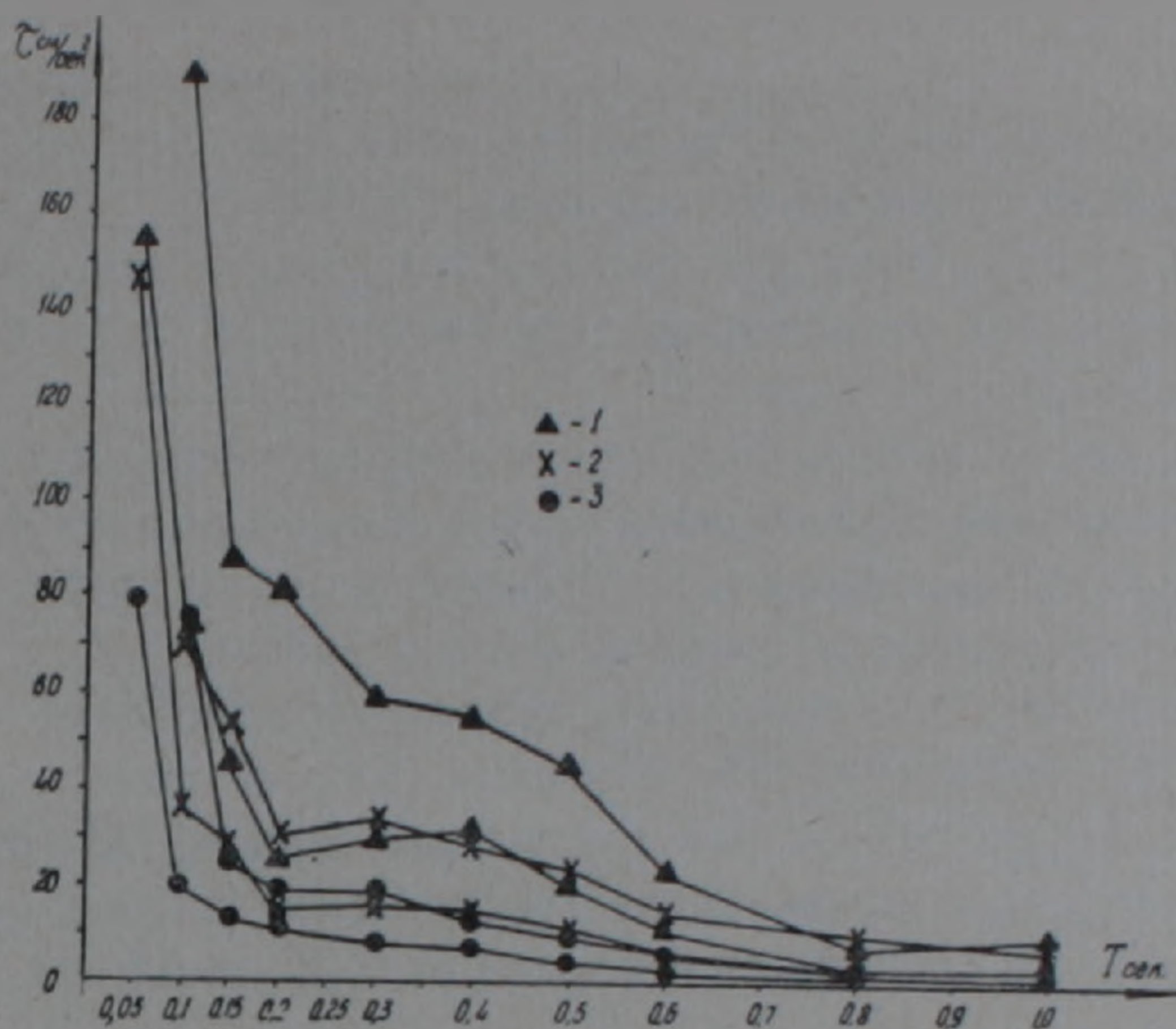
грунта. Отметим, что значения скоростей получены нами путем дифференцирования смещений во времени.

Спектры приведенных сейсмических ускорений, построенные по огибающим отдельных групп взрывов, показаны на фиг. 3.

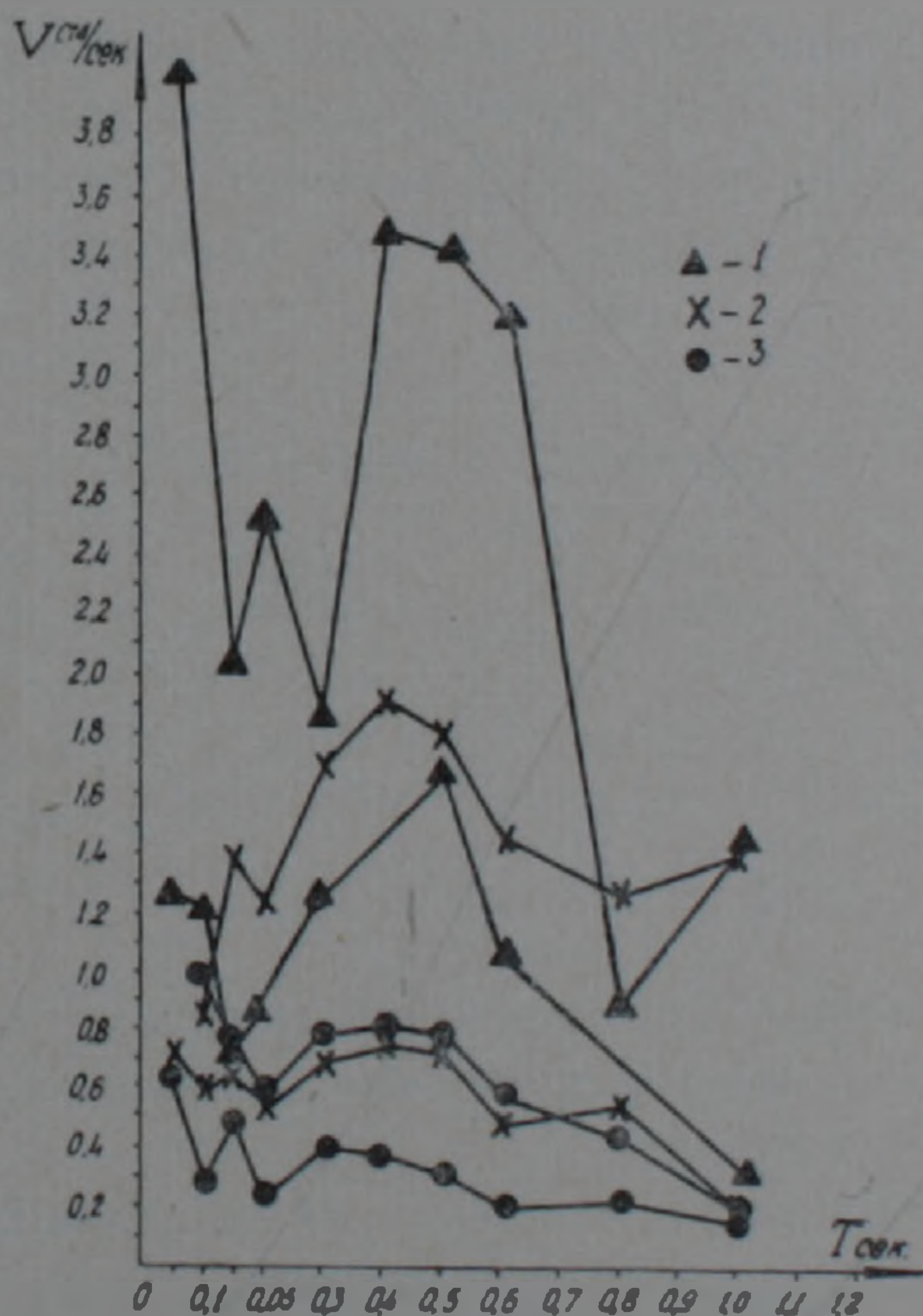
Характер изменения огибающих для отдельных групп, в основном, одинаковый. При периодах от 0,1 до 0,6 сек максимальные приведенные ускорения вдвое больше соответствующих минимальных их значений. При периодах же 0,05; 0,8 и 1 сек ясно выраженной закономерности не наблюдается.

На фиг. 4 показаны спектры приведенных сейсмических скоростей по огибающим отдельных групп взрывов. Здесь также максимальные скорости вдвое больше соответствующих минимальных скоростей.

При выделении отдельных групп взрывов мы исходили из многократных визуальных наблюдений повреждений в зданиях, имеющих собственный период колебаний от 0,15 до 0,5 сек.



Фиг. 3. Спектры приведенных ускорений для различных групп взрывов:
1 — III группа; 2 — II группа; 3 — I группа.



Фиг. 4. Спектры приведенных скоростей для различных групп взрывов:
1 — III группа; 2 — II группа; 3 — I группа.

Так как шкала зависимости приведенных сейсмических ускорений и скоростей должна быть составлена для определенного района, где здания имеют периоды собственных колебаний также от 0,15 до 0,5 сек, поэтому будем учитывать величины приведенных сейсмических ускорений

и скоростей, соответствующих этим периодам. Поскольку в интересующих нас пределах характер изменения приведенных сейсмических ускорений и скоростей линейный, то их пределы для разных групп можно определить также средними значениями.

Взрывы I и II группы для зданий исследуемого района не представляют опасности, они не вызывают чувствительных и значительных повреждений.

Взрывы же III группы оказывают сильное воздействие, вызывают иногда значительные повреждения. Эти взрывы для зданий исследуемого района, при их состоянии в настоящее время, не представляют опасности, т. е. не могут вызвать разрушений и обвалов.

Таким образом, за допустимые параметры колебаний грунта и сооружений, не представляющих опасности, можно принять верхний предел величин параметров, характеризующих взрывы III группы. Следовательно, допустимое приведенное сейсмическое ускорение можно принять равным $\bar{a} = 70 \text{ см/сек}^2$ для периодов от 0,15 до 0,5 сек, приведенную сейсмическую скорость $\bar{V} = 3 \text{ см/сек}$ при тех же периодах. Допустимое значение максимальных смещений колебаний частиц грунта — 0,08 см, а скорости колебаний частиц грунта — 1,4 см/сек.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать следующие значения параметров колебаний грунта (смещения и скорости), а также величины приведенных сейсмических ускорений и скоростей для каждой из трех групп взрывов (табл. 1). Соответствующие указанным

Таблица 1

Баллы	Группы взрывов	Приведенные сейсмические ускорения, см/сек ²	Приведенные сейсмические скорости, см/сек	Смещения колебаний грунта, см	Скорости колебаний грунта, см/сек
3	I группа	до 17	0,35—0,75	до 0,03	до 0,35
4	II группа	17—35	0,75—1,50	0,03—0,06	0,35—0,7
5	III группа	35—70	1,50—3,0	0,06—0,12	0,7—1,4

выше значениям параметров колебаний грунта и величинам приведенных ускорений и скоростей повреждения в зданиях для каждой из трех групп взрывов даны в таблице 2.

Таким образом, предлагается вариант шкалы интенсивности сейсмо-взрывного воздействия при далеких сильных взрывах с указанием значений параметров колебаний грунта (смещения и скорости) и величины приведенных сейсмических ускорений и скоростей.

Аналогичная шкала для местных промышленных взрывов была составлена в 1964 г. С. В. Медведевым [1]. Она ставила интенсивность сейсмических колебаний в баллах в зависимости от скорости колебаний грунта и средней скорости в спектре действия колебаний на сооружения, в диапазоне периодов 0,15—0,8 сек при расстоянии от очага взрыва до

Таблица 2

Группы взрывов, оказывающих одинаковое воздействие на здание	№ взрывов	Описание повреждений
I группа	7, 9, 12, 16, 2/70, 4/70, 5/70	Повреждений не появляется
II группа	13, 15, 9/69, 4, 6/70, 2/71, 8/70	В неповрежденных зданиях легкие единичные повреждения на первом и втором этажах; здания, уже имевшие повреждения на первых двух этажах, получают единичные повреждения на высших этажах, а в зданиях, имевших повреждения на всех этажах, появляются чувствительные повреждения
III группа	3, 10, 11, 8/69, 1/70, 3/70	В неповрежденных зданиях образуются легкие повреждения на первом и втором этажах, легкие единичные повреждения на верхних этажах; в некоторых зданиях, уже имевших легкие повреждения, образуются чувствительные повреждения; в некоторых зданиях значительные повреждения.

сооружения более 100 м. Эта шкала интенсивности приведена в таблице 3.

Таблица 3

Баллы	V , см/сек	$\bar{V}$, см/сек
1	0,2	0,3
2	0,2—0,4	0,3—0,6
3	0,4—0,8	0,6—1,2
4	0,8—1,5	1,2—2,5
5	1,5—3	2,5—5
6	3—6	5—10
7	6—12	10—20

Шкала интенсивности для местных взрывов не может быть применена при далеких сильных взрывах, так как при местных взрывах расстояние от очага до объектов повреждений составляет несколько сот метров, а при далеких сильных взрывах — несколько десятков или сотен км. При таком соотношении расстояний, даже в случае одинаковых значений максимальных скоростей колебаний, спектральный состав, а также продолжительность колебаний при местных и далеких сильных взрывах будут различны.

В нашей шкале интенсивности для сильных взрывов величины приведенных скоростей более близки к соответствующим величинам шкалы для землетрясений (табл. 4), составленной А. Г. Назаровым и Б. К. Карапетяном [2].

Таблица 4

Балл	1	2	3	4	5	6	7
$V, \text{ см/сек}$	0,08—0,15	0,15—0,3	0,3—0,6	0,6—1,2	1,2—2,4	2,4—5,0	5—10

Предложенная нами шкала интенсивности (табл. 1 и 2) является первой попыткой обобщения данных по сейсмозрывным воздействиям сильных взрывов.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АИ Арм.ССР

Поступила 40.XI.1972.

Բ. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ս. Ս. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ԴՐՈՒՆՏԻ ՏԱՏԱՆՄԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻՅ ԿԱԽՎԱԾ ՇԵՆՔԵՐԻ ԵՎ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔՆԵՐԻ ՎԱՐՔԸ ՀԵՌԱՎՈՐ ՈՒԹԵՂ ՊԱՅԹՆՅՈՒՄՆԵՐԻ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգվածում բերված է հեռավոր ուժեղ պայթյունների սեյսմիկ ազդեցություններից շենքերի ստացած վնասվածքների տեսակները և այդ վնասվածքների տեսակավորումը ըստ խմբերի:

Ելնելով վնասված շենքերի բաղմակի մակրոսեյսմիկ ուսումնասիրություններից, հնարավորություն է ընձեռնում պայթյունները բաժանել 3 առանձին խմբերի, ըստ շենքերի վնասվածքների աստիճանի:

Այդ խմբերին համապատասխան, ստացված գործիքային տվյալների (գրունտի տատանման տեղափոխման, արագություն, ինչպես նաև բերված արագացման և արագություն) օգնությամբ կազմվել է սեյսմիկ սանդղակ հեռավոր ուժեղ պայթյունների ժամանակ գրունտի տատանման պարամետրերի և շենքերի ստացած վնասվածքների համար:

Որոշվել են նաև գրունտի և կառուցվածքների տատանման սահմանային պարամետրերը, որոնց դեպքում կառուցվածքների քայքայում և փլուզում չի առաջանում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Медведев С. В. Сейсмика горных взрывов. «Наука», М., 1964.
2. Карапетян Б. К., Карапетян Н. К., Мхитарян Л. А. Результаты инструментального исследования поведения сооружений при сейсмических воздействиях различной интенсивности. Труды III Европейского Симпозиума по сейсмостойкому строительству. София, 1971.