

Невзрывные сейсмические источники с широким частотным спектром.

Часть II - Дебалансные вибраторы или что надо сделать, чтобы невзрывные сейсморазведочные источники имели широкий частотный спектр.

- Чичинин И.С., Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.
- Сагайдачная О.М., СНИИГиМС, г. Новосибирск

От редакции: В предыдущем номере журнала была опубликована 1-я часть статьи Чичина И.С. и Сагайдачной О.М. «Невзрывные сейсмические источники с широким частотным спектром». Опубликованный материал вызвал живой интерес читателей к затронутой в статье тематике. Редакция уверена, что 2-я часть статьи, помещенная в данном номере журнала, будет воспринята читателями с не меньшим интересом. Сам факт опубликования в журнале статьи известного российского геофизика Иннокентия Сафьяновича Чичина редакция считает своей большой удачей. Мы желаем ему здоровья и дальнейших творческих успехов на благо российской геофизики.

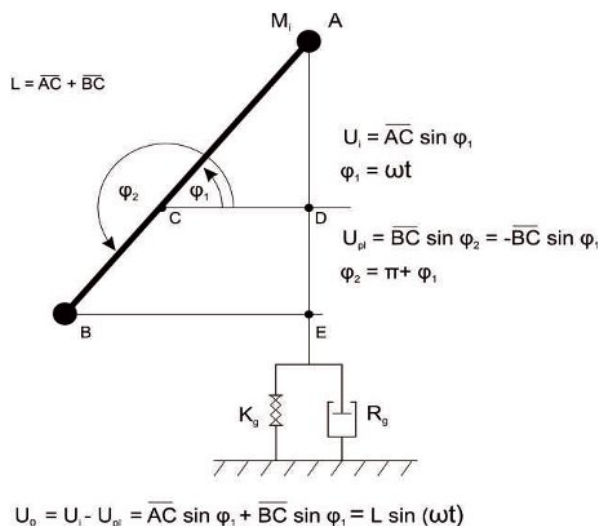
Аннотация. Из источников, работающих на поверхности земли, наибольшими технологическими возможностями обладает дебалансный вибратор. К тому же он самый простой. Но заставить работать дебалансный вибратор под зоной малых скоростей – дело трудное. Здесь лучше обратить внимание на свайные источники. О них будет рассказано в третьей части.

Введение

Простейшим источником сейсмических колебаний является дебалансный (эксцентриковый) вибратор, в том числе и потому, что принцип его действия хорошо понятен.

Функциональную схему дебалансного вибратора можно представить в виде невесомого стержня длиной L . На одном его конце (А) укреплена инертная (реактивная) масса M_i , другой конец (В) стержня посажен на "конструктивную" ось вращения, которая находится в теле виброплатформы (рисунок 2.1). Ось вращения традиционно направляется по профилю (ось x).

Обратим внимание на то, что далее в каждом вибровозбудителе используется только один дебаланс M_i . Дело в том, что в начальной стадии развития вибрационного сейсмического источника использовались всегда два электродвигателя и, соответственно, два дебаланса M_i , кото-



▲ Рис. 2.1. Функциональная схема дебалансного (эксцентрикового) вибратора.

рые вращались навстречу друг к другу так, что в вертикальном направлении центробежные силы складывались, в горизонтальном – они взаимно "уничтожались". Потом перешли к однодебалансной схеме. Оказалось, что в однодебалансном варианте срок службы электро-

двигателей существенно увеличивается. Конструкторы однодебалансных вибро-молотов объясняют это тем, что когда используются два электродвигателя, они "конкурируют" друг с другом и из-за этого изнашиваются быстрее.

Будем считать, что точки А и В совпадают с центрами инертной массы M_i и массы M_{pl} виброплатформы (рисунок 2.1).

Обозначим координаты точек А и В через y_i, z_i и y_{pl}, z_{pl} . Центробежные силы, рождающиеся из-за движения масс M_i и M_{pl} , запишем в виде:

$$\vec{F}_i = M_i[\ddot{y}_i \vec{e}_y + \ddot{z}_i \vec{e}_z], \vec{F}_{pl} = M_{pl}[(\ddot{y}_{pl} \vec{e}_y + \ddot{z}_{pl} \vec{e}_z)] \quad (2.1)$$

Пусть массы M_i и M_{pl} , соединённые между собой недеформируемым стержнем L , летают в космосе, где нет силы тяжести и кроме двух масс M_i и M_{pl} больше ничего нет.

Поэтому $\vec{F}_i + \vec{F}_{pl} = 0$. Здесь нетривиальным является то, что, оказывается, инертная масса M_i вращается не вокруг точки В, где конструктор вмонтировал на виброплатформе подшипник, ось вращения стержня L , а вокруг некоторой точки С. Признаком того, что вибратор летает в космосе является равенство:

$$J_i M_i = J_{pl} M_{pl}, J_i = \dot{y}_i, J_{pl} = \dot{y}_{pl}.$$

Наличие такого равенства означает, что вибратор на этой частоте не излучает. Когда дебалансный вибратор "спускается из космоса" на поверхность земли, к точке В (к виброплатформе) подцепляется сопротивление грунта. Вертикальная компонента силы испытывает сопротивление Z_{gz} , горизонтальная компонента - Z_{gy} .

Дальше для экономии места будем рассматривать в основном вертикальную компоненту и будем рассматривать вибраторы только с односторонним вращением против часовой стрелки. В

нашем случае $\phi = \omega t$.

Функциональную схему гидравлического вибратора (см. рис. 1 из части 1) "обратим" в схему дебалансного вибратора.

Уравнение напряжений по контуру F_o^o, R_o, M_i гидравлического вибратора выглядит (см. часть 1, формула 1.1) так:

$$F_o^o + R_o J_o + p(M_i J_i) = 0, \quad (j = \sqrt{-1}), j\omega \equiv p \quad (2.2)$$

Уравнение напряжений по контуру pM_i, M_{pl}, Z_g этого вибратора имеет (см. часть 1, формула 1.2) вид:

$$-J_j p M_j - J_{pl} [p M_{pl} + Z_g] = 0. \quad (2.3)$$

Некоторый источник силы F_o^o , опираясь на платформу M_{pl} , толкает массу M_i вверх-вниз. Масса этому движению сопротивляется с силой $F_i = M_i p^2 U_i = M_i p J_i, J_i \equiv p U_i$. Но и платформа сопротивляется с силой $(p M_{pl} + Z_g) J_{pl}$. Других объектов приложения силы нет, поэтому действительное равенство:

$$M_i p J_i + (p M_{pl} + Z_g) J_{pl} = 0 \quad (2.4)$$

Платформа лежит на грунте, скорости смещения платформы и поверхности грунта (в точках контакта) одинаковые, то есть $J_{pl} \equiv [\dot{z}_{pl}] = J_g \equiv [\dot{z}_g]$. Поэтому сила сопротивления грунта равна $F_g = Z_g J_{pl}$.

Уравнение сил (2.4) совпадает с уравнением общей функциональной схемы гидравлического вибратора, поэтому можем воспользоваться формулами 1.1 - 1.5 и данными таблицы 1, приведенными ранее в части 1.

При использовании равенства $J_i = J_o + J_{pl}$ уравнение (2.2) выглядит так:

$$p M_i J_o = p^2 M_i U_o = p^2 M_i L = F_o^o, \\ F_o^o = J_{pl} [p(M_i + M_{pl} + M_g) + R_g + (1/p) \cdot K_g].$$

Как видим, при формировании резонансной частоты f_{ipg} массы M_i и M_{pl} ведут себя равноправно. В моменты времени, когда $\phi_1 = 90$ градусов (см. рисунок 2.1), то есть когда стержень L стоит вертикально, массы M_i и M_{pl} упираются в грунт (на пружину K_g) в вертикальном направлении. Таким образом, при определении резонансной частоты мы должны пользоваться формулой $\omega_{ipg}^2 = K_g / M_{ipg}$.

Далее вопрос поставим так: какова должна быть инертная масса M_i или величина $M_i \cdot L$, чтобы в диапазоне от 7.5 до 240 Гц "паспортная" амплитуда силы $F_o^o = \omega^2 L M_i$ была бы равна 50 тоннам?

На частоте 7,5 Гц силу $F_o^o = \omega^2 L M_i = 50$ тонн будем иметь при $M_{i(1)} = 5 \cdot 10^5 / (0.1 \omega^2) = 5 \cdot 10^5 / (0.1 \cdot 40 \cdot 7.5^2) = 5 \cdot 10^5 / (4 \cdot 7.5^2) = 5 \cdot 10^5 / 225 = 222$ кГ. На частоте 15 Гц будем иметь $M_{i(1)} / 4 = 2222 / 4 = 555$ кГ. И на частотах 30 - 60 - 120 Гц получим $M_{i(3)} = M_{i(2)} / 4 = 555 / 4 = 138.875$, $M_{i(5)} = 8.68$, $M_{i(6)} = 2.17$ кГ.

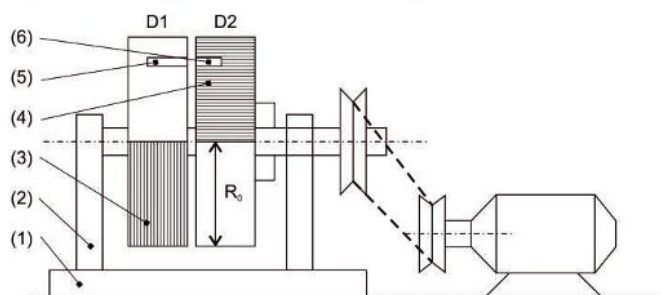
Итак, первый член этого ряда $M_{i(1)} = 2.22 \cdot 10^3$ кГ, а шестой член - $M_{i(6)} = 2.17$ кГ. Отсюда видно, что совместить величины $M_{i(1)} = 2.22 \cdot 10^3$ кГ и $M_{i(6)} = 2.17$ кГ в одной установке - дело трудное. Ясно, что эту задачу надо облегчить.

Поэтому автор предлагает диапазон 7,5÷240 Гц разделить на участки, например, на 5 октав: $f = 7.5-15$, $15-30$, $30-60$, $60-120$, $120-240$ Гц, и на каждой октаве использовать отдельный вибровозбудитель, принимая во внимание низкую стоимость асинхронных электродвигателей. При этом надо постараться, чтобы вибратор на своей октаве имел резонанс на верхней частоте своей октавы, то есть $f \leq f_{ipg}$, где f_{ipg} - резонансная частота для данной октавы.

Теперь нам надо обеспечить $F_o^o = const \approx 50$ тонн (или 25 тонн) не на всём диапазоне 7.5÷240 Гц, а лишь на одной октаве. Как это делается? Конструкторских

решений этой задачи множество. По мнению автора, среди этих решений наиболее перспективным является следующий класс устройств.

Итак, надо обеспечить $F_o^o = \omega^2 L M_{i(n)} \approx const, n=1 \div 6$. Для этого инертная масса iM делается из двух "полусковородок" M_{i1}^o и M_{i2}^o , каждая из которых имеет массу M_{i1}^o (рисунок 2.2). Эти «полусковородки» сначала раскручиваются до максимальной частоты вращения при нулевом эксцентриситете, как сбалансированный маховик. Режим вибрации осуществляется при снижении частоты вращения, в режиме «даун-сви́п». Режим «даун-сви́п» будет реализован, если даже выключить электропитание вибратора (маховик всё равно когда-то остановится).



▲ Рис. 2.2. Схема вибровозбудителя дебалансного вибратора.

Но если надо, чтобы сеансы синтезируемой вибрации были «стандартными», то такие сеансы легко могут быть сделаны в «старт-стопном» режиме: отсчёты ординат синтезируемого сеанса делаются с частотой в 5÷10 раз большей частоты вибрации. Положение каждой ординаты сравниваются с положением этой ординаты стандартного сеанса. Если ордината синтезируемого сеанса вибрации опережает ординату «стандарта», то эту ординату следует на компьютере задержать, если же наоборот, то ординату синтезируемого сеанса следует передвинуть во времени в сторону ускорения.

Дебалансная масса M_{i1}^o имеет форму полукруга, то есть имеем сектор окруж-

ности с центральным углом 2α . Центр тяжести такого тела находится на расстоянии $U_o^o = (2/3) \cdot R_o (1/\alpha) \cdot \sin \alpha$.

При $\alpha = \pi/2$ имеем

$$U_o^o = (2/3) \cdot \frac{R_o}{\pi/2} = R_o \cdot 0.425,$$

где R_o – радиус исходной окружности. Если $U_o^o \equiv L = 0.1$ м, то внешний радиус $R_o = 0.1/0.425 = 0.24$ м.

Один маховик-эксцентрик жёстко крепится к оси вращения (рисунок 2.2). Другой маховик-эксцентрик может поворачиваться относительно первой на угол $\psi_n = 0 \div 180^\circ$, причём этот угол может фиксироваться; (штырек (5) втыкается в очередное гнездо (6) и регистрируется автоматикой вибратора). В реальном исполнении это делает шаговый двигатель (рисунок 2.2 позиция 7.) В начале сеанса вибрации угол $\psi_n = 180^\circ$, эти полусковородки стоят друг против друга, поэтому суммарная центробежная сила $F_o^o = \omega^2 L (M_{i1}^o + M_{i2}^o) \cdot \cos(\psi_n/2)$

равна нулю. При такой позиции дебалансы M_{i1}^o и M_{i2}^o , как сбалансированный маховик, раскручиваются до максимальной частоты вращения, которая несколько выше верхней частоты октавы. Например, для октавы $25 \div 50$ Гц это будет $60 \div 70$ Гц.

Потом угол ψ_n между массами M_{i1}^o и M_{i2}^o уменьшается, и когда частота вращения снизится до 50 Гц, центробежная сила должна быть равна $F_{o, max}^o$, например, 50 тоннам. Здесь важно то, что рабочий сеанс вибрации делается при снижении частоты вращения, то есть в режиме “даун - свип”. При дальнейшем снижении частоты до 25 Гц “паспортная” амплитуда силы должна поддерживаться на уровне 50 тонн, то есть угол ψ_n меняется так, чтобы было $F_o^o = const \approx 50$ тонн. Как это делается, более детально освещено в патентах [2.1, 2.2, 2.3].

После отработки диапазона $50 \div 25$ Гц эксцентрик продолжает крутиться при

$$(M_{i1}^o + M_{i2}^o) \cdot \cos(\psi/2) \cdot L = const, \psi = 0,$$

частота вращения медленно снижается с 25 Гц до нуля. Сила F_i уменьшается по квадратичному закону. Например, на частоте 12,5 Гц она будет равна $50/4 = 12.5$ тонн. Генерируемые при этом вибрационные колебания не пропадают: они могут складываться с колебаниями от вибровоздействия в диапазоне $25 \div 12.5$ Гц или же могут регистрироваться автономно и использоваться при обработке сейсмограмм.

В связи с дешевизной асинхронных двигателей каждый вибровозбудитель имеет свой маховиковый аккумулятор с отдельным электродвигателем. Их берут не зря, их вес добавляется к силе прижима виброплатформы. Электродвигатели раскручивают свои маховики параллельно и рабочий сеанс вибрации вибровозбудители дают последовательно или параллельно без перерывов. Такой режим работы для гидравлических вибраторов неосуществим.

Для восстановления импульсной сейсмограммы (то есть для вычисления взаимокорреляционных функций) используется реальный свип-сигнал, зарегистрированный датчиком, установленным на виброплатформе.

Низкочастотный вибратор октавы $7 \div 15$ Гц

Такой вибратор (сборно – разборный с амплитудой силы около 40 тонн) был разработан и изготовлен авторским коллективом (В.И. Юшин, В.Ф. Кулаков, А.А. Зуев, И.С. Чичинин и др.) еще во времена СССР, как продолжение работ СО АН СССР по созданию мощных стационарных вибраторов 100-тонного класса для исследования глубин более 100 км.

Сборно – разборный виброблок состоит из 3 частей: 1) дебалансы, 2)

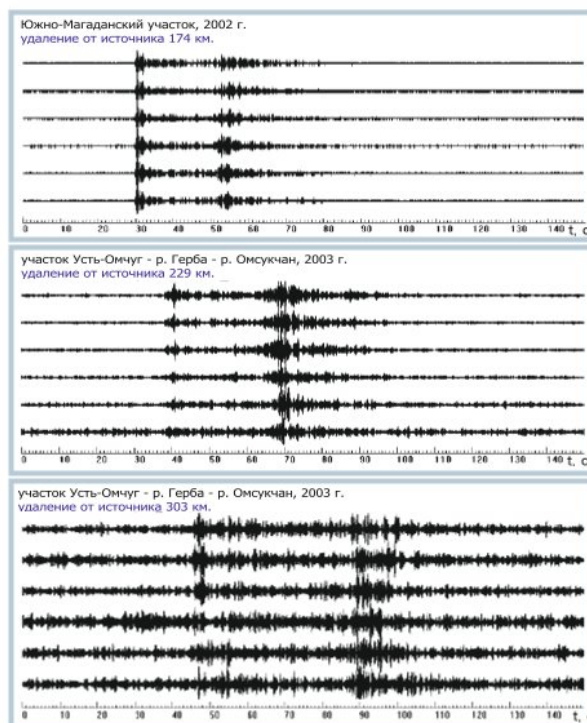
виброплатформа, 3) два электродвигателя + дизель – электростанция (рис. 2.3). Первые три элемента грузятся и перевозятся автотранспортом по отдельности. Электродвигатели соединяются с дебалансами при помощи автомобильного кардана (уверенность в таком решении внушил авторам А.А. Зуев). Планировалось сделать вибратор с вертикальной и горизонтальной ориентацией силы, однако из-за недостатка комплектующих изделий была оставлена только вертикальная ориентация силы. Сделать дебалансы поворотными во время сеанса вибрации также не удалось из-за прекращения финансирования работ.



▲ Рис. 2.3. Передвижной 40-тонный вибратор дебалансного типа ЦВП-40.

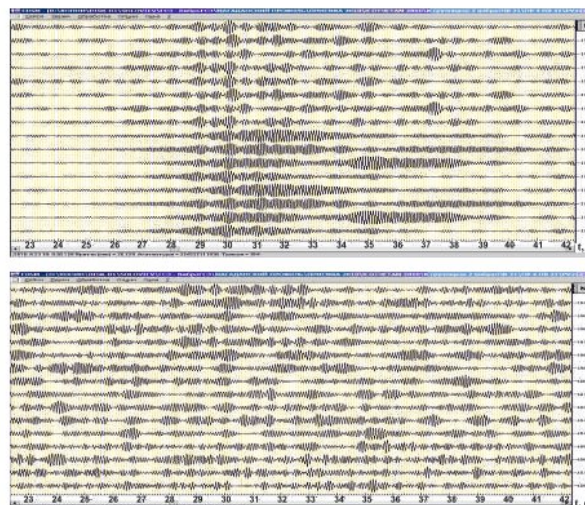
Этот виброблок потом был передан Алтае – саянскому филиалу (АСФ) Геофизической Службы СО РАН для проведения работ методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). За дело взялся конструктор АСФ – Кашун Владимир Николаевич, который оптимизировав конструкцию виброблока, обеспечил его безотказную и точную работу.

Поскольку дебалансы во время вибрационного сеанса не разворачиваются, сила, действующая на грунт, меняется при изменении частоты по квадратичному закону. Здесь выход нашли такой. При ГСЗ



▲ Рис. 2.4. Коррелограммы, полученные с 40-тонным вибратором, на опорном профиле 2-ДВ.

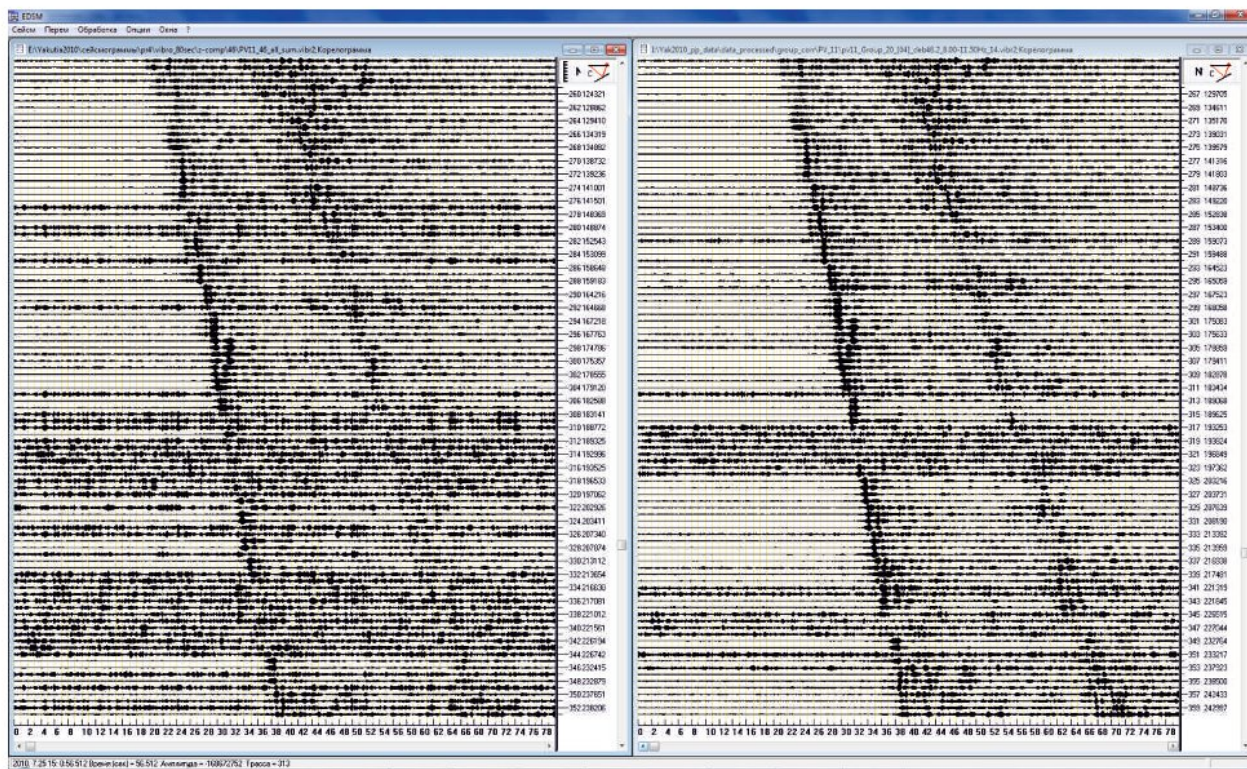
расстояние между пунктами возбуждения составляет 20÷40 км. Когда виброблок в пункте возбуждения собран (на это тратится 2÷3 часа), проводится 5÷10 сеансов вибрации с различными углами между дебалансами. Потом, при необходимости, при компьютерной обработке эти сеансы можно собрать и получить сейсмограмму со “столообразным” спектром в диапазоне 7÷15 Гц (рис. 2.4÷2.7)



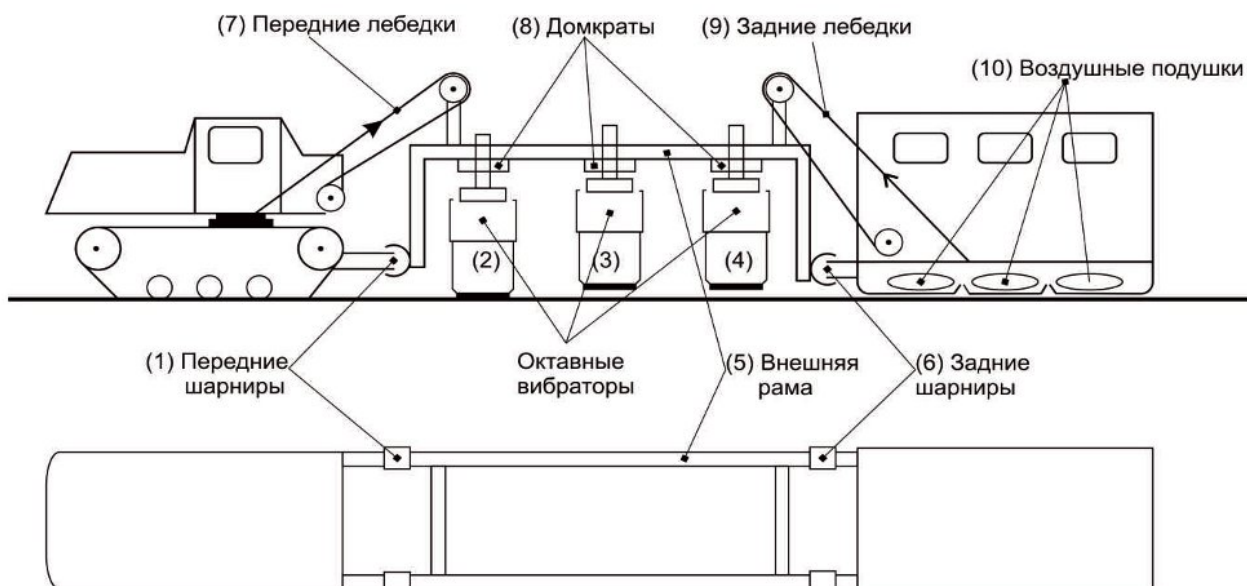
▲ Рис. 2.5.



▲ Рис. 2.5. Эксперимент (2010 г., Центральный участок опорного профиля 3-ДВ в районе Якутска) по группированию двух 40-тонных вибраторов: –коррелограммы с записями продольных волн на удалении ~180км с расстояниями между ними 1 м и 6 м (первая и вторая, соответственно).



▲ Рис. 2.6. Типичные коррелограммы ГСЗ (Центральный участок профиля 3-ДВ): в левой части просуммированные коррелограммы без использования спецпроцедур обработки, в правой – суммарные коррелограммы с использованием программ улучшения качества.



▲ Рис. 2.7. Схема вибрационной установки трех-октавного вибратора.

С вышеописанным вибратором объединенный отряд АСФ и ФГУП «СНИИГ иМС» прошел в 2002÷2006 гг. опорный геолого-геофизический профиль 2-ДВ от Магадана до мыса Певек (что напротив острова Врангеля), потом отряд повернул на восток и в 2008 г. дошел до Анадыря - Хатанги (около 500 км методом ГСЗ за каждый летний сезон). В 2009 – 2012 гг. работы ГСЗ были продолжены на опорном профиле 3-ДВ (Амурская область, Республика Саха Якутия). Подробности и геологические результаты этих работ описаны в статьях [2.6, 2.7].

Конструкция трех - октавного (15 – 30; 30 – 60; 60 – 120 Гц) вибратора.

Вибрационная установка (рисунок 2.7) состоит из трёх транспортных единиц:

1) Тягач (в зимнем варианте это трактор с валом отбора мощности на 20÷40 кВт.);

2) Виброблок (в зимнем варианте это санный прицеп длиной $\approx 5\div 6$ м; лыжи прицепа служат излучающей виброплатформой. Лыжи вписываются в колею дороги и прорезают снег до более твёрдого основания. При транспортировке внешние борта лыжи превращаются в борта воздушных подушек;

3) Балок - прицеп (утеплённый санный балок, где может жить оператор вибратора и размещается сервисная аппаратура источника. Пол прицепа одновременно служит верхней крышей воздушных подушек, размещаемых под прицепом);

За санным балком по дорожке, "прорезанной" узкими лыжами виброблока перемещается буксируемая сейсмокося с подключенными к ней трехкомпонентными сейсмоприемниками. Сейсмограммы, полученные с помощью этой буксируемой сейсмокося используются для уточнения строения ВЧР.

Рассмотрим сначала вариант (рис.

2.7), в котором общий вес этих трёх составляющих составляет около 25 тонн. Центробежная сила, генерируемая дебалансами, тоже равна 25 тоннам. Прижим виброплатформы к грунту осуществляется тем, что вес тягача (трактора) и прицепа (балка) переносится на виброблок при помощи коромысловой (рычажной) системы и тросовых электролебёдок (рис. 2.7, позиция 7).

Вибровозбудители октав 15÷30, 30÷60 и 60÷120 Гц здесь стоят друг за другом, занимая длину 5÷6 м. Вибрационная установка (рис. 2.7) имеет общую длину около 20÷25 м. С одной стороны, это снижает маневренность вибрационной установки, с другой – повышает ее проходимость в условиях непромерзшего грунта, незамерзших речек, болот. Поэтому вышеописанная установка (транспорт на воздушных подушках) без проблем перемещается там, где унитарный вибратор весом около 30 тонн будет тонуть.

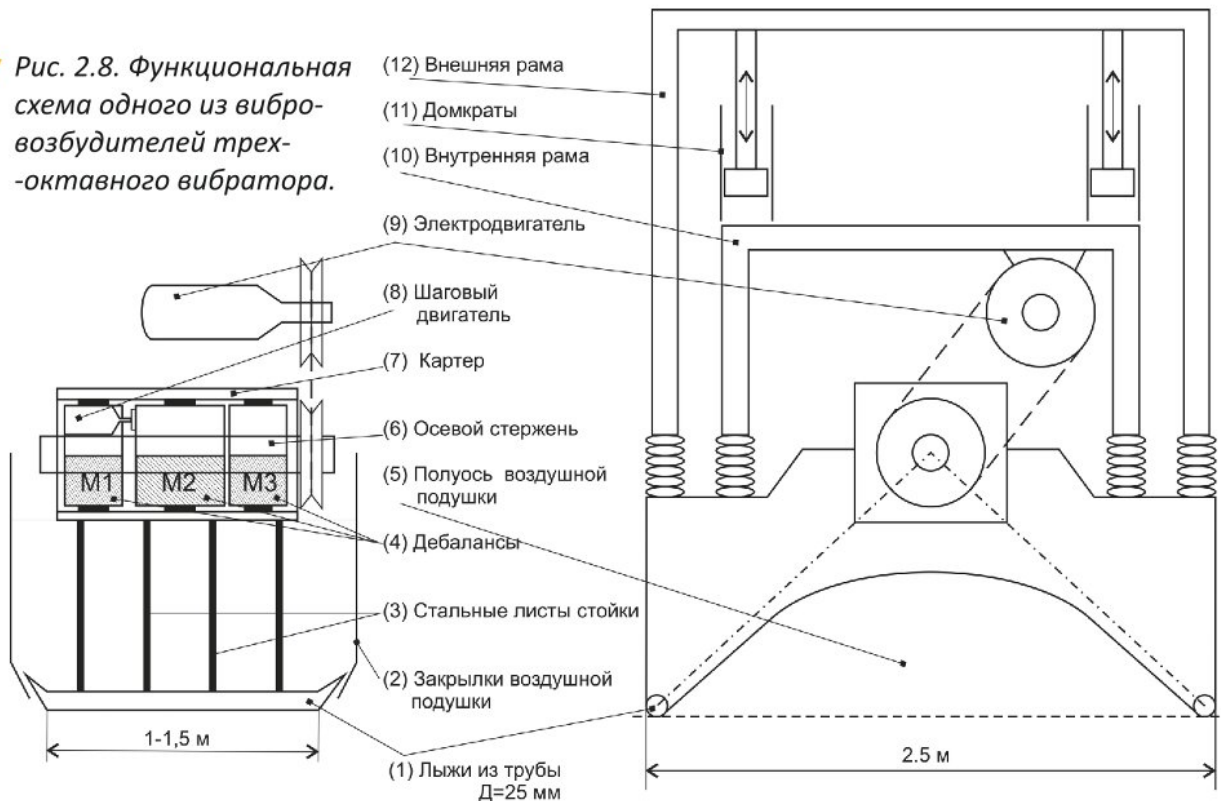
Октавы работают по очереди и, чтобы сила прижима работающей октавы была около 25 тонн, домкрат давит на виброплатформу только "работающей" октавы, а неработающие вибровозбудители повисают на внешней раме.

На рисунке 2.8 показана функциональная схема одного из вибровозбудителей. В качестве примера рассмотрим вибровозбудитель октавы 60÷120 Гц. Главное отличие его от функциональной схемы (см. рисунок 2.2) состоит в том, что дебалансы M_{11} , M_{12} крутятся не на оси (как на рисунке 2.7), а вообще не имеют оси и просто крутятся, как "бочка", внутри герметичного картера на подшипниках скольжения. Причем масса M_{11} поделена на 2 и установлены симметрично относительно средней точки "бочки". Такое решение связано с тем, что сила 50 тонн велика и чтобы ось не гнулась, ее пришлось бы делать очень толстой. Напри-

мер, длина ℓ дебалансов вибровозбудителя октавы 7,5÷15 Гц, у которого $M_{i1}^{(o)} + M_{i2}^{(o)} = 2222$ кг, будет $\ell = 0,8$ м (при внешнем диаметре дебалансов 0,48 м). Стойкой служат стальные листы, то есть используется торцовая жесткость листа. Это позволяет несколько снизить общую массу виброплатформы (ведь нам надо обеспечить $M_{i1}^{(o)} + M_{i2}^{(o)} + M_{pl} \leq 200$ кг, чтобы резонансная частота была ≈ 120 Гц).

При транспортировке полость заполняется воздухом с использованием установленного наверху вентилятора. Впереди и сзади этой полости имеются “закрылки”, удерживающие воздух внутри воздушной подушки. Каждый вибровозбудитель имеет свою подушку (если один вибровозбудитель взбирается на кочку, то другой вибровозбудитель закрывает пространство между кочками.)

▼ Рис. 2.8. Функциональная схема одного из вибровозбудителей трех-октавного вибратора.



Платформа имеет треугольную форму, но высота треугольного зуба не 5÷10 см, как было в Вибросейс™, а 0,7÷1 м. Попутно заметим, что глубокие следы работы такого вибратора потом засыпаются песком, то есть работа геофизиков только улучшает дренажные свойства грунта. Чтобы снизить массу виброплатформы, электродвигатель крепится на внутренней раме.

Вращение дебалансов осуществляется при помощи зубчато - ременной передачи. Рабочие сеансы вибрации делаются при снижении частоты, в режиме «даун – свип».

Приблизительно такую же конструкцию имеют 3 – 4 автономные (изолированные друг от друга) воздушные подушки, размещенные под полом санного балка. Таким образом, виброблок и балок при транспортировке превращаются в “транспорт на воздушных подушках”. Следует отметить, что в тексте патента [2.1] описан другой вариант компоновки виброблока, в котором вибровозбудители октав 15÷30, 30÷60 и 60÷120 Гц установлены в виде трёхэтажного сооружения. На нижнем этаже размещается вибровозбудитель октавы

60÷120 Гц. При работе этой октавы замки-скобки отцепляются и массы вибровозбудителей 15÷30 Гц и 30÷60 Гц повисают на "мягких" пружинах, то есть массы этих октав добавляются к массе прижимной системы. Это способствует уменьшению массы M_{ipg} октавы 60÷120 Гц, чтобы резонансная частота f_{ipg} оказалась вблизи 120 Гц.

Вибро-ударный режим работы вибратора

При геолого-геофизических исследованиях земной коры существуют такие задачи, для решения которых возмущающая сила 25 тонн недостаточна. Если центробежную силу вибровозбудителя сделать равной 50 тонн, а силу прижима оставить прежней (25 тонн), то сила, действующая на грунт, будет иметь форму синусоиды с обрезанным верхом, то есть вибровозбудитель будет работать подобно вибромолоту. Когда центробежная сила дебаланса "смотрит" вниз, то на грунт будет давить сила 25 + 50 тонн. В моменты времени, когда центробежная сила (50 тонн) направлена вверх, а вниз давит только сила прижима (25 тонн), то сила, действующая на грунт, будет по форме похожа на синусоиду с обрезанным верхом. Первая гармоника силы, действующей на грунт, будет приблизительно равна $(50+25)/2 = 37$ тонн.

Здесь важно создать условия, при которых к моменту времени, когда центробежная сила "смотрит вниз", виброплатформа успела приземлиться. Это достигается следующим образом. Когда виброблок летает в воздухе, он будет колебаться относительно внутренней рамы с некоторой частотой f_{kosm} . Чтобы виброплатформа приземлялась достаточно быстро, частота f_{kosm} должна быть не очень низкой, то есть жесткость спиральных пружин должна быть регулируемой. Необходимую жесткость можно

приблизительно достигать подбором спиральных пружин.

Всякие высокочастотные наложения (искажения неизбежные при виброударном режиме) на форму силы будут отфильтрованы потом при компьютерной обработке сейсмограмм.

Если же в вибрационной установке использовать не один, а три трактора (чтобы сила прижима было не меньше 50 тонн), то у нас будет 50-ти тонный вибратор с неискаженной синусоидальной силой. Это исключает необходимость группирования 2÷3 вибраторов с целью увеличения силы.

Контакт вибратора с грунтом.

Грунтов много. Для слабых грунтов привлекательна виброплатформа, показанная на рисунке 2.8. Узкие лыжи легко прорезают такой грунт до более твердого основания. Чтобы затем переместить виброплатформу, можно использовать вентилятор воздушной подушки, переключив его в режим пропеллера. Дальше по крепости идет рыхлый грунт, почва, проселочная дорога, утоптанная дорога, гравийная дорога, бетонная дорога. Здесь все, сказанное выше, остается в силе, только узкие лыжи не будут утопать глубоко.

О методике использования трех-октавного (15÷30; 30÷60; 60÷120 Гц) вибратора при "многоволновой сейсморазведке"

При выполнении многоволновой сейсморазведки с использованием продольных и поперечных волн каждый вибровозбудитель даёт два сеанса вибрации. Один с левым вращением дебалансов, другой - с правым вращением. Чтобы не заниматься переключением направления вращения электродвигателей, сеансы вибрации с правым вращением дебалансов делаются при движении вибрационной установки по профилю с

пункта А в пункт В. Сеансы с “левым” вращением выполняются приблизительно в тех же пунктах возбуждения, но только при движении вибратора с пункта В пункт А, (при этом электродвигатель в том и другом случае вращается в одну и ту же сторону). При записи этих сеансов регистрируются синхроимпульсы в моменты времени, когда масса M проходит через верхнюю точку. Потом, при компьютерной обработке, эти две сейсмограммы (синусоиды), записанные в двух сеансах возбуждения, стыкуются во времени так, чтобы упомянутые синхроимпульсы совпали друг с другом во времени. После этого эти синусоиды сдвигаются относительно друг друга так, чтобы максимальная сила была направлена под 45 градусов от вертикали. Полученные две сейсмограммы складывают друг с другом после введения поправок, описанных в патенте [2.2], потом из исходных двух сейсмограмм получают разностную сейсмограмму. Разностная сейсмограмма будет такая, как если бы использовали вибратор с горизонтальной ориентацией силы, а суммарная - как если бы использовали вибратор с вертикальной ориентацией силы.

Обратим внимание, что здесь ни слова не говорится о синхронном группировании вибраторов. Это связано с тем, что синхронное группирование (без предварительного введения статических поправок) для высокоразрешающей сейсморазведки недопустимо. Суммирование сейсмограмм выполняется с использованием компьютера после предварительной обработки и введения статических поправок.

Литература, часть 2

2.1. Чичинин И.С., Сагайдачная О.М., Детков В.А., Егоров Г.В., Шмыков А.Н., Геза Н.И. Способ вибрационной сейсмической

разведки и дебалансный вибровозбудитель для его осуществления //Патент №2387488 (RU), опубликовано: 27.04.2010, Бюл. №12.

2.2. Сагайдачная О.М., Чичинин И.С., Детков В.А., Егоров Г.В., Сальников А.С. Способ сейсмической разведки //Патент №2347242 (RU), опубликовано: 20.02.2009, Бюл. №5.

2.3. Малахов А.П., Кашун В.Н., Чичинин И.С. Вибросейсмоисточник //Патент №60002 (RU), опубликовано: 10.01.2007, Бюл. №1.

2.4. Малахов А.П., Кашун В.Н., Попов А.В., Бурлак П.П., Чичинин И.С. Электромеханический вибровозбудитель //Патент №2299770 (RU), опубликовано: 27.05.2007, Бюл. №3.

2.5. Малахов А.П., Чичинин И.С. Вибрационный источник //Патент №2421283 (RU), опубликовано: 20.06.2011, Бюл. №17.

2.6. Еманов А.Ф., Кузнецов В.Л., Сагайдачная О.М., Сальников А.С., Соловьёв В.М. Технология региональных исследований методом ГСЗ с вибрационным источником //Приборы и системы разведочной геофизики, 2004, №3.

2.7. Сальников А.С., Сагайдачная О.М., Липилин А.В., Сулейманов А.К., Соловьёв В.М., Рослов Ю.В. Полевые сейсмические работы на опорных профилях северо – востока России //Приборы и системы разведочной геофизики, 2009, №2.

Подробнее об авторах



Чичинин
Иннокентий Сафьянович

д. т. н.,
профессор института
Геофизики СО РАН



Сагайдачная
Ольга Марковна

к. т. н.,
зав. лабораторией много-
канальной сейсморазведки
ФГУП «СНИИГГиМС»,