

## Применение

Низкая и нулевая скорость потока

Обратное течение сока

Водный поток в корнях

Засушливые экосистемы и засуха

Потеря воды в ночное время

Радиальные профили потока сока

Размеры ствола > 10 мм

Водный поток в виноградиках

## Характеристики

Plug & Play (Включи & Работай) функция

Управляемый микропроцессор

Возможные измерения:

- первичные (сырые) скорости тепловых импульсов
- откорректированные скорости сока
- рассчитанный водный поток

Последующая переработка сырых данных с помощью электронной таблицы

Не требует термоизоляции

Не зависим от эффектов, вызываемых градиентами температур

Интегрированное регулирование электронного напряжения

Известное и повторяемое количество входной энергии в Джоулях

# Метод измерения потока сока путем отношения

Метод измерения потока сока путем отношения теплот (HRM) – модификация компенсационного метода тепловых импульсов (CHPM). HRM – усовершенствованный вариант CHPM, допускающий измерения при очень медленной скорости потока и даже обратном течении сока. Он позволяет регистрировать водные потоки в стволах и корневой системе в широком диапазоне видов, размеров растений и окружающих условий, включая засуху.

Разработанный Университетом Западной Австралии и партнерскими организациями, ICRAF и CSIRO, HRM датчик был проверен при помощи гравиметрических измерений транспирации и используется для публикуемых исследований потока сока с 1998 г. Burgess, S.S.O., et.al. 2001 An improved heat pulse method to measure low and reverse rates of sapflow in woody plants *Tree Physiology* 21, 589-598.

## Способ измерений

HRM – термометрический способ измерения водного потока в ксилеме, который использует короткий импульс тепла в качестве следа (индикатора). Величина и направление водного потока вычисляются путем измерения отношения тепла, транспортируемого к двум симметрично расположенным от нагревателя температурным датчикам.

## Устройство датчика

HRM датчик состоит из трех игл или зондов, длиной 30 мм, интегрально соединенных с 16-битовым микропроцессором. Верхний и нижний зонды включают два набора очень тонких медь-константановых термопар, расположенных в 7.5 мм и 22.5 мм от вершины каждого зонда. Третий, центральный зонд – линейный нагреватель, который проходит через всю длину зонда и поставляет постоянный тепловой импульс в заболонь дерева.

Интегральный микропроцессор является сердцем HRM-датчика, делая его совершенно автономным, Plug & Play (Включи и Работай) Умным Датчиком. Все операции и подсчеты контролируются микропроцессором, который автоматически трансформирует аналоговые нановольтовые сигналы в калиброванный сериальный выходной сигнал. Программные параметры, такие как интервал теплового импульса, количество входной энергии, размещение игл и частота измерений – все заложены в память устройства.

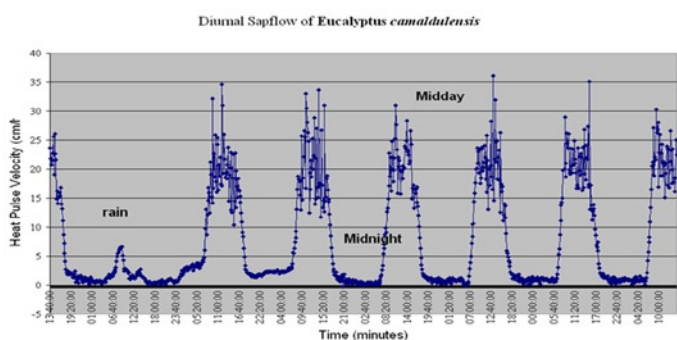
Используя SL5 Умный Логгер (Smart Logger) – HRM-датчик выдает полную информацию, включающую такие детали, как заряженность внешней батареи, длительность теплового импульса, требуемую для доставки точного количества тепловой энергии в Джоулях, повышение температуры, следующее за предыдущим тепловым импульсом, отношение температур между термодарами, температуру референтной иглы и все параметры, используемые при подсчете скорости или потока сока.

## Выходные данные

HRM-датчик обеспечивает три уровня измерений транспирации; первичные (сырые) скорости тепловых импульсов,	date	time	SVP00038	SVP00038	SVP00039	SVP00039
	dd/mm/yy	hh:mm:ss	A cm/hr	B cm/hr	C cm/hr	D cm/hr
	15/09/2005	13:40:00	11.3	3.77	6.3	1.54
	15/09/2005	13:50:00	10.58	3.43	6.16	1.7
	15/09/2005	14:00:00	12.27	4.11	6.91	1.62
	15/09/2005	14:10:00	11.09	3.07	6.75	1.87
	15/09/2005	14:20:00	10.46	3.28	6.46	1.86
	15/09/2005	14:30:00	10.4	3.55	6.37	1.42

откорректированные скорости сока (оба – в см в час) и калиброванный водный поток в литрах в час.

Измерение сырой скорости теплового импульса – самый простой вид операции. Все, что для этого требуется – это установка датчика и нажатие кнопки, после чего датчик автоматически начинает считывать данные. Считанные сырые данные могут подвергаться последующей обработке с использованием



электронной таблицы программы Excel со всеми необходимыми коэффициентами пересчета для обеспечения измерений или линейной скорости сока или объемного потока сока. В случае, если все необходимые параметры (как, например, асимметрия базовой линии множителя и ошибка регулировки; коэффициент температуропроводности; коэффициент корректировки повреждений; фактор, учитывающий объем свежей массы; площадь заболони) уже известны, тогда они могут быть введены прямо в микропроцессор и сохранены в памяти. Тогда измерения будут автоматически пересчитываться и записываться в калиброванных единицах уже скорректированной скорости или объемного потока сока.

## Характеристики

Возможности переменной входной энергии по требованию потребителя

Автоматически рассчитываемая длительность теплового импульса

Возможность автоматического режима теплового импульса

Очень низкое потребление энергии

Температурное разрешение 2 миллиградуса

## Технические требования

Диапазон измерений: от -10 до 100 см час-1

### Выходные параметры датчика:

**Умный Выход:** сериальные (серийные???) данные  
**Первичные температурные данные:** градусы Цельсия  
**Скорость теплового импульса:** см час-1  
**Скорость теплового потока:** см час-1  
**Объемный поток сока:** литры в час

### Тепловой импульс:

**Тепловой импульс регулируемый пользователем:** 25 Джоулей, прил. эквивалентны 2.5 сек длительности теплового импульса. Автоматический выбор длительности  
**Минимальный интервал:** 10 мин

## Технические требования

### Устройство датчика:

**Диаметр зонда:** 1.3 мм

**Длина зонда:** 30 мм

**Термопары:** 2 на зонд

**Вес:** 250 грамм

### Верхний зонд:

Включает две термопары

### Средний зонд:

Включает 18-омный хромоникелевый линейный нагреватель

### Нижний зонд:

Включает две термопары

### Размещение термопар:

7.5 мм и 22.5 мм от вершины

### Тип термопар:

Медь & Константан

### Потребляемая

#### мощность:

#### Энергоснабжение:

12 V прямого тока

#### Сопротивление нагревателя:

18 Ом

**Ток нагрузки:** 667 mA

(миллиампер) для 2.5 с

**Расход энергии:** 33 mW

(милливатт)

### Длина кабеля:

Стандартная длина кабеля

– 5 м

Максимальная длина кабеля

– 4 км

Использование шины данных

### Размеры:

**Длина:** 125 mm

**Ширина:** 50 mm

**Глубина:** 25 mm

**Вес:** 250 г (включая кабель)

### «Родственное»

(то, которое можно использовать в комплекте с датчиком) оборудование:

#### Полевая Станция

Растений с неограниченным количеством каналов считывающей и записывающей системы

#### Автоматическая

метеорологическая станция

SL5 Умный Логгер

SHY Гигрометр ствола

Model 3005 Scholander

Камера давления Шоландера

– модель 3005

## Влияние размещения зонда

Установка зондов – самая распространенная причина ошибок у всех методов измерения скорости потока тепловыми импульсами. Т.к. HRM-зонды разрешают нулевые скорости потока, простая калибровка может быть проведена, когда поток остановлен (из-за метеорологических условий или, более аккуратно, остановкой потока путем надреза ксилемы), что позволяет скорректировать скорость потока и его базовую линию. Благодаря чему возможны очень аккуратное различие направления потока и правильная оценка потерь воды в ночное время при расчетах водного баланса растения.

## Влияние времени

Из-за возможных повреждений во время имплантации зонда и обычно малой асимметрии, возникающей при инсталляции датчика, отношения теплот со временем изменяются. По этой причине данные считываются многократно в промежутке между 60-100 секунд после теплового импульса, когда отношения теплот наиболее устойчивы и линейны. Многократное считывание и использование 16-битового микропроцессора с предусилителем с ультранизким шумом устраняет все шумовые сигналы и приводит к высокому качеству измерений.

## Защита от повреждений

Внедряемые датчики часто приводят к механическим повреждениям и остановке потока закупоркой или блокировкой сосудистой ткани растений. Это приводит к образованию непроводящей ткани вокруг зонда. Поправка на эти повреждения важна для получения точных результатов. Коэффициенты коррекций для повреждений разных размеров, установленные с помощью цифровых моделей, позволяют проводить точные коррекции. Эти коррекции могут проводиться автоматически самим датчиком или вручную с помощью электронных таблиц после сбора сырых дат скоростей тепловых импульсов.



ICT International Pty Ltd  
PO Box 503, Armidale, NSW 2350, Australia  
Ph: [61] 2-6772-6770 Fax: [61] 2-6772-7616  
E-mail: sales@ictinternational.com.au

