

التوزيع: عام  
E/ESCWA/NR/88/9/Rev.1  
١٩٨٩ أيار / مايو ٣١  
ARABIC  
الأصل: بالعربية

الأمم المتحدة  
المجلس الاقتصادي والاجتماعي

## اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

شعبة الموارد الطبيعية، والعلم والتكنولوجيا  
برنامج الطاقة

### دليل

تصميم وإنشاء وتشغيل وصيانة  
وحدات إنتاج الغاز الحيوي العائلية

UN ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION  
FOR WESTERN ASIA

OCT 25 1989

LIBRARY + DOCUMENT SECTION

أثناء إعداد هذا الدليل عمل الدكتور / محمد عبد الفتاح حمد، الاستاذ بالمركز القومي للبحوث في القاهرة، خبيراً إستشارياً لدى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا.

E/ESCWA/NR/88/9/Rev.1

89-0763

## مقدمة

يلقى موضوع معالجة المخلفات العضوية بالهضم اللاهوائي وانتاج الغاز الحيوي اهتماما كبيرا على النطاق العالمي نظرا لما أسفرت عنه تجارب تطبيق هذه التكنولوجيا، التي تعرف بتكنولوجيا الغاز الحيوي، من نتائج ايجابية وامكانيات تعميمها في المناطق الريفية على وجه الخصوص.

ولعل بساطة تكنولوجيا الغاز الحيوي وملاءمتها لظروف الريف في المنطقة العربية هما من بين أهم العوامل المشجعة على شر استخدامها. وتمثل تجارب عدد من البلدان العربية علامات مضيئة لما يمكن تحقيقه من خلال استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي في مجال التنمية الريفية. فهذه التكنولوجيا لا تساهم في حل مشكلة الطاقة فحسب وإنما تساعد أيضا في حل مشكلتي نقص الغذاء وازدياد تلوث البيئة. إن توفير كميات من السماد العضوي بدلا من فقده عند حرق المخلفات يؤدي إلى زيادة انتاجية الارض الزراعية وخصوصيتها. كما ان معالجة هذه المخلفات عن طريق الهضم اللاهوائي تؤدي أيضا إلى القضاء على معظم الكائنات والطفيليات المسببة للأمراض والأوبئة. ويتم ذلك كله بشكل متوازن ومتواافق مع البيئة ودورة الطبيعة.

وإذاء ايجابيات تكنولوجيا الغاز الحيوي هذه ومزاياها، فقد اتجهت الامانة التنفيذية للجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الاسكوا) الى دراسة هذه التكنولوجيا وببحث مختلف جوانب تطبيقها والعمل على ترويج استخدامها. وهكذا قامت الامانة التنفيذية باعداد دراسات تفصيلية وتنفيذ مشاريعات تجريبية وتنظيم ندوات وجولات دراسية تمحضت عن تقييم شامل لهذه التكنولوجيا غطى النواحي الفنية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية والصحية.

وفي اطار الجهود التي تبذلها الاسكوا في هذا المجال، تم اعداد هذا الدليل كمساهمة في نشر تكنولوجيا الغاز الحيوي عن طريق توفير المعلومات الأساسية الالزمة للتعرف على هذه التكنولوجيا مع التركيز على الجوانب الفنية التي تساعد المهندسين والفنين والمستفيدين على تصميم وانشاء وتشغيل وصيانة وحدات انتاج الغاز الحيوي الريفية.

وبسبب الوضع الخاص للريف في معظم البلدان العربية من حيث نمط المعيشة والحياة الاجتماعية فإن هذا الدليل يتناول أساسا وحدات انتاج الغاز الحيوي من الحجم العائلي الذي يلائم الاحتياجات الحقيقية للأسرة الريفية في المنطقة العربية. كما أنه يتميز بشمولية المعلومات التي يتضمنها والتي تغطي جميع جوانب تكنولوجيا انتاج الغاز الحيوي للوحدات الريفية من الحجم العائلي ابتداء من مرحلة التصميم فالانشاء والتشغيل، ثم الاصلاح والصيانة. وثمة ميزة أخرى لهذا الدليل، وهي أنه يعرضه نماذج متنوعة لنظم انتاج الغاز الحيوي يمكن من اختبار التصميم والحجم المناسب للظروف السائدة بأقل كلفة ممكنة.

كان هذا الدليل موضع نقاش مستفيض من قبل المشاركين في الندوة التي نظمتها الاسكوا في القاهرة خلال الفترة ٢٦ تشرين الثاني/نوفمبر - ١ كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٨ حول تكنولوجيا الغاز الحيوي للمناطق الريفية في بلدان عربية مختارة، حيث أجمع الحاضرون على أهمية انجازه بشكله النهائي في أسرع وقت ممكن لكونه أول دليل يصدر باللغة العربية في هذا المجال.

الدكتور تيسير عبد الجابر

الأمين العام التنفيذي

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

## قائمة المحتويات

### الصفحة

.....	مقدمة
١	تصميم وحدات انتاج الغاز الحيوي العائلية .....
٢	- انتاج الغاز الحيوي .....
٦	- تحديد حجم الهاضم .....
١١	- تحديد سعة خزان الغاز .....
١٣	- اختيار الموقع .....
١٣	- اختيار التصميم .....
١٤	- تسميم الهواضم .....
١٤	١-٦ الهواضم الهندية المطورة .....
٢٣	٢-٦ هواضم البوردا المعدلة .....
٤٠	٣-٦ الهاضم الصيني المصري .....
٦١	- تسميم شبكة نقل الغاز .....
٦١	١-٧ تحديد قطر خط الغاز .....
٦١	٢-٧ تصفية المياه المتكتفة .....
٦٣	٣-٧ موائع اللهب .....
٦٣	٤-٧ صمامات الامان .....
٦٥	٥-٧ منظفات الضغط .....
٦٥	-٨ معدات استخدام الغاز الحيوي .....
٦٦	١-٨ الموقد .....
٦٩	٢-٨ مصابيح الاضاءة .....
٦٩	٣-٨ التسخين .....
٧٠	٤-٨ التبريد .....
٧٠	٥-٨ انتاج الطاقة الميكانيكية .....
٧٠	٦-٨ تعديل ماكينات الديزل .....
٧١	٧-٨ تعديل ماكينات البنزين .....
٧١	٨-٨ انتاج الطاقة الكهربائية .....
٧٢	-٩ إنشاء وحدات انتاج الغاز الحيوي .....
٧٣	-١ تسكين نظام انتاج الغاز الحيوي .....
٧٣	-٢ الحفر .....
٧٤	-٣ إنشاء وحدات انتاج الغاز الحيوي .....
٧٤	١-٢ الوحدات من الطراز الهندي المعدل .....
٧٨	٢-٢ الوحدات من طراز البوردا المعدل .....
٨١	٣-٢ الوحدات من الطراز الصيني - المصري .....

## قائمة المحتويات (تابع)

### الصفحة

٩١	تعديل الخطيرة .....	-٤
٩٥	منشآت استقبال وتداول محلول المهضوم .....	-٥
٩٥	تركيب خط الغاز .....	-٦
٩٦	تعديل معدات استخدام الغاز .....	-٧
٩٧	١- المولد .....	-٧
٩٧	٢- المصاكيح .....	
٩٧	اختبار وحدات انتاج الغاز الحيوي .....	-٨
٩٧	١- الوحدات ذات الخزان الطافي .....	-٨
٩٨	٢- الوحدات المضغوطة بالماء .....	
١٠٠	تشغيل وحدات انتاج الغاز الحيوي .....	
١٠١	العوامل المؤثرة على انتاج الغاز الحيوي .....	-١
١٠٥	المواد العضوية الممكن استخدامها في انتاج الغاز الحيوي .....	-٢
١٠٦	بدء تشغيل وحدات انتاج الغاز الحيوي .....	-٣
١٠٧	١- الوحدات ذات الخزان الطافي .....	
١٠٩	٢- الوحدات المضغوطة بالماء .....	
١١١	التشغيل المنظم لوحدات انتاج الغاز الحيوي .....	-٤
١١٣	صيانة وإصلاح اعطال وحدات انتاج الغاز الحيوي .....	
١١٤	الصيانة الدورية .....	-١
١١٤	١- وحدات الهضم ذات الخزان المعدني الطافي .....	
١١٥	٢- وحدات الهضم الصينية الطراز .....	
١١٥	الاعطال المحتملة واسبابها وكيفية اصلاحها .....	-٢
١١٥	١- اعطال بداء التشغيل .....	
١١٦	٢- اعطال التشغيل المنظم .....	
١١٧	٣- اعطال المولد .....	
١١٨	٤- اعطال المصاكيح .....	
١١٨	٥- اعطال الثلاجات .....	
١١٩	٦- دور المرأة الريفية في تقليل وإصلاح الأعطال .....	-٣
١٢١	المراجع .....	

## قائمة الجداول

### الصفحة

٨	خواص المخلفات المنتجة من الحيوانات المختلفة .....	- ١
٨	الخواص التقريبية للمخلفات الحيوانية في الظروف المصرية .....	- ٢
١١	معدلات انتاج الغاز من المخلفات الحيوانية .....	- ٣
١٢	الاحتياجات من الغاز الحيوي للاستخدامات المختلفة .....	- ٤
١٢	الطاقة الحرارية للغاز الحيوي وبعض المصادر الأخرى .....	- ٥
٦٢	اقطار المواسير لمعدلات السريان والأطوال المختلفة .....	- ٦
٦٦	مواصفات موقد البوتاجاز المعدل للغاز الحيوي .....	- ٧
١٠٣	كمية الغاز الحيوي الممكن انتاجه من المواد المختلفة .....	- ٨

## قائمة الاشكال

٤	وحدة انتاج غاز حيوي طراز بوردا معدل .....	- ١
٤	وحدة انتاج غاز حيوي طراز مصرى - صيني .....	- ٢
٤	وحدة انتاج غاز حيوي بالهضم الجاف .....	- ٣
٤	وحدة انتاج غاز حيوي مسخنة بالطاقة الشمسية .....	- ٤
٤	وحدة انتاج غاز حيوي كبيرة ومميكنة .....	- ٥
٦	تطور وحدات الهضم والأنماط عالية المعدلات .....	- ٦
٧	تغير درجات الحرارة في الهوضم على مدار السنة في القاهرة .....	- ٧
١٠	تأثير ظروف التشغيل على معدلات انتاج الغاز .....	- ٨
١٦	وحدة انتاج غاز حيوي طراز هندي معدل بحجم ٧ر٣م <sup>٣</sup> .....	- ٩
١٧	خزان الغاز لهاضم قطره ٣٧ر١م .....	- ١٠
١٨	دليل لخزان الغاز قطره ٢٧ر١م .....	- ١١
١٩	خلاط يدوى لمواد التغذية .....	- ١٢
٢٠	وحدة انتاج غاز حيوي طراز هندي معدل بحجم ٢ر٦م <sup>٣</sup> .....	- ١٣
٢١	خزان الغاز لهاضم قطره ١٧٥ر١م .....	- ١٤
٢٢	مسقط أفقي لخزان من أعلى .....	- ١٥
٢٤	دليل خزان الغاز .....	- ١٦
٢٥	وحدة انتاج غاز حيوي طراز هندي معدل بحجم ١٢ر٣م <sup>٣</sup> .....	- ١٧
٢٦	خزان الغاز لهاضم قطره ١٠ر٢م .....	- ١٨
٢٧	دليل لخزان الغاز قطره ٢٥م .....	- ١٩

قائمة الاشكال (تابع)

الصفحة

٢٨	.....	٣	-٢٠
٢٩	.....	٣	-٢١
٣١	.....	٣	-٢٢
٣٢	.....	٣	-٢٣
٣٣	.....	٣	-٢٤
٣٤	.....	٣	-٢٥
٣٥	.....	٣	-٢٦
٣٦	.....	٣	-٢٧
٣٧	.....	٣	-٢٨
٣٨	.....	٣	-٢٩
٣٩	.....	٣	-٣٠
٤١	.....	٣	-٣١
٤٢	.....	٣	-٣٢
٤٣	.....	٣	-٣٣
٤٤	.....	٣	-٣٤
٤٥	.....	٣	-٣٥
٤٧	.....	٣	-٣٦
٤٨	.....	٣	-٣٧
٥٠	.....	٣	-٣٨
٥١	.....	٣	-٣٩
٥٢	.....	٣	-٤٠
٥٣	.....	٣	-٤١
٥٤	.....	٣	-٤٢
٥٥	.....	٣	-٤٣
٥٦	.....	٣	-٤٤
٥٧	.....	٣	-٤٥
٥٨	.....	٣	-٤٦
٥٩	.....	٣	-٤٧

### قائمة الاشكال (تابع)

#### الصفحة

٦٠	.....	- ٤٨
٦٤	.....	- ٤٩
٦٤	.....	- ٥٠
٦٤	.....	- ٥١
٦٤	.....	- ٥٢
٦٧	.....	- ٥٣
٦٧	.....	- ٥٤
٦٧	.....	- ٥٥
٦٨	.....	- ٥٦
٦٨	.....	- ٥٧
٦٩	.....	- ٥٨
٧٠	.....	- ٥٩
٧٣	.....	- ٦٠
٨٠	.....	- ٦١
٨٣	.....	- ٦٢
٨٣	.....	- ٦٣
٨٣	.....	- ٦٤
٨٥	.....	- ٦٥
٨٥	.....	- ٦٦
٨٥	.....	- ٦٧
٨٦	.....	- ٦٨
٨٦	.....	- ٦٩
٨٦	.....	- ٧٠
٨٨	.....	- ٧١
٨٨	.....	- ٧٢
٨٨	.....	- ٧٣
٩٢	.....	- ٧٤
٩٤	.....	- ٧٥
٩٧	.....	- ٧٦
١١٠	.....	- ٧٧



تصميم وحدات انتاج الغاز الحيوي العائلية

## ١- انتاج الغاز الحيوى

ينتج الغاز الحيوى من هضم المخلفات العضوية بمعزل عن الهواء (الهضم اللاهوائى) ويتم تحويل المواد العضوية بتأثير انواع عديدة من الكائنات الحية الدقيقة. وهكذا يمكن استخدام المواد العضوية المختلفة لهذا الغرض كالمخلفات الحيوانية والادمية والزراعية ومخلفات الصناعات الغذائية.

ويختلف نوع الجهاز المستخدم لانتاج الغاز الحيوى تبعاً لعوامل كثيرة منها حجم الانتاج ودرجة تعقيد التكنولوجيا المستخدمة، كما يعتمد على نوع وتركيز المادة المستخدمة في الهضم.

وهذا الدليل يهتم اساساً بالتقنيولوجيا البسيطة الملائمة للوحدات المنزليه الريفية.

وحدة انتاج الغاز الحيوى البسيطة عبارة عن منشأ ذي حجم ملائم للهضم وخزان لتجميع الغاز المنتج وتمثل الاشكال (٥-١) بعض التصميمات المستخدمة في مصر لانتاج الغاز الحيوى من مخلفات القرية<sup>(١)</sup>.

والشكل ١ يوضح احد التطويرات التي أجريت في المركز القومي للبحوث بالقاهرة لطراز البواردا الذي يعتبر تطوير لطراز الهندي المنتشر عالمياً، فالجزء السفلي عبارة عن منشأ من الطوب كروي الشكل والعلوي اسطواني من الطوب ايضاً ويبنى عادة تحت سطح الأرض. ويفتحي المبني خزان معدني طاف مفتوح من أسفل ومغلق من أعلى يسمح باستقبال وتخزين الغاز. ويتحرك خزان الغاز لأعلى وأسفل تبعاً لنمط انتاج واستهلاك الغاز، ويكون القاع على شكل مخروط أو جزء من كرة لتحمل ضغط المياه السطحية.

والشكل ٢ يعرض نموذجاً للهاضم الصيني - المصري وهو أحد التطويرات التي أجريت للهاضم الصيني الأكثر انتشاراً على مستوى العالم. والهاضم مبني من الطوب والخرسانة والجزء السفلي عبارة عن حجرة الهضم بينما يعمل الجزء العلوي كخزان للغاز.

والشكل ٣ عبارة عن وحدة هضم للمخلفات الزراعية الجافة وتعمل بالطريقة المتقطعة. بمعنى أنها تغذى مرة كل عدة شهور ثم تفرغ وتمارأً مرة أخرى وهكذا.

الشكل ٤ عبارة عن هاضم معدني بسيط ومسخن بالطاقة الشمسية لرفع درجة حرارة الهضم ومن ثم زيادة معدل انتاج الغاز.

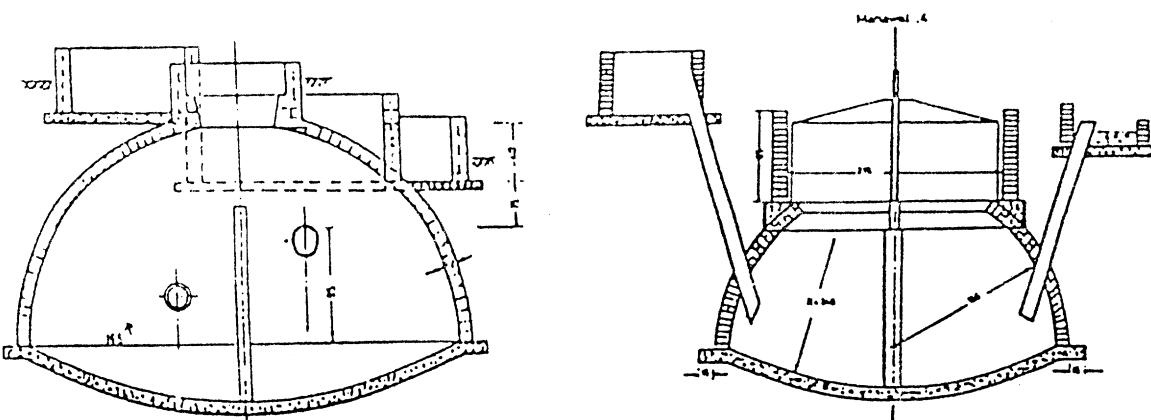
الشكل ٥ عبارة عن وحدة كبيرة ومميكة من النوع النفقي وهي تلائم مزارع الانتاج الحيواني. وهذه الوحدات تلائم المخلفات الريفية وتعمل باستخدام مواد عضوية ذات تركيز عالي.

اما في حالة المخلفات الصناعية العضوية ذات التركيز المنخفض فان الوحدات السابق عرضها تعتبر غير ملائمة ويلزم لمعالجتها وحدات مطورة تعتمد أساسا على حجز الكائنات الحية الدقيقة داخل الهاضم حتى يمكنها هضم المواد العضوية المخفة مباشرة في زمن قصير قد يصل الى عدة ساعات بدلا من عشرات الايام في الاجهزة التقليدية. وبذلك تتحسن اقتصاديات هضم المخلفات العضوية المخفة مثل مخلفات الصناعات الغذائية (السكر - النشا - التعليب - المياه الغازية ...). وأن كانت هذه الاتساع ذات البكتيريا المحتجزة او المعلقة لا تدخل في نطاق هذا الدليل الا اننا نعرض فكرة بسيطة عن الاتساع المختلفة لهذه التكنولوجيات.

شكل ٦ يوضح (٢) تطور الاجهزة المختلفة التي تلائم الهضم اللاهوائي للمخلفات العضوية المخفة التي تعتمد جميعها على حجز البكتيريا داخل الهاضم بطريقة او باخرى حتى تستطيع الاعداد الكبيرة منها هضم المواد العضوية الموجودة في المحاليل المخفة في زمن قصير.

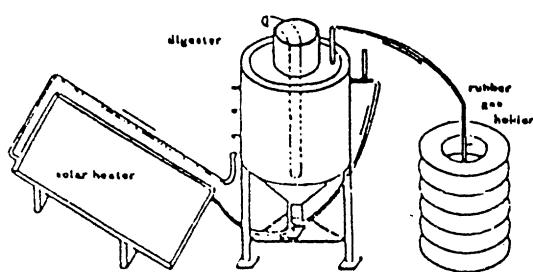
وتعتمد طريقة حجز البكتيريا على الترسيب واعادة الاستخدام او التثبيت على حبيبات كما في الابراج المحسنة بمواد بلاستيكية او فخارية، او الترسيب اعتمادا على فرق الكثافة او بعمليات أخرى.

الأشكال من ١ الى ٥

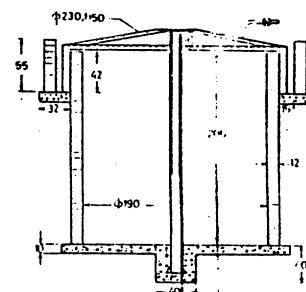


شكل (٢) وحدة انتاج غاز حيوي  
طراز مصرى-صينى

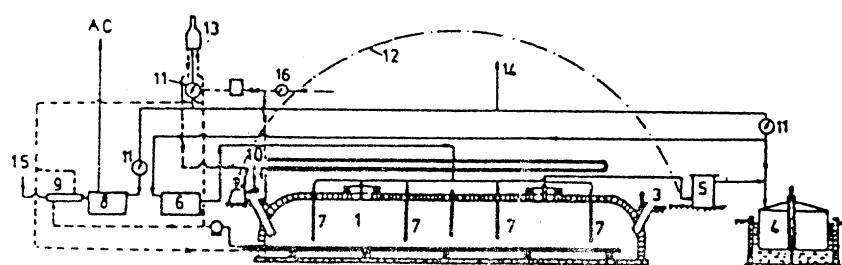
شكل (١) وحدة انتاج غاز حيوي  
طراز بوردا معدنل



شكل (٤) وحدة انتاج غاز حيوي مسخنة  
بالتاقيه الشمسية (جاهزة)



شكل (٣) وحدة انتاج غاز حيوي  
بالهضم الجاف

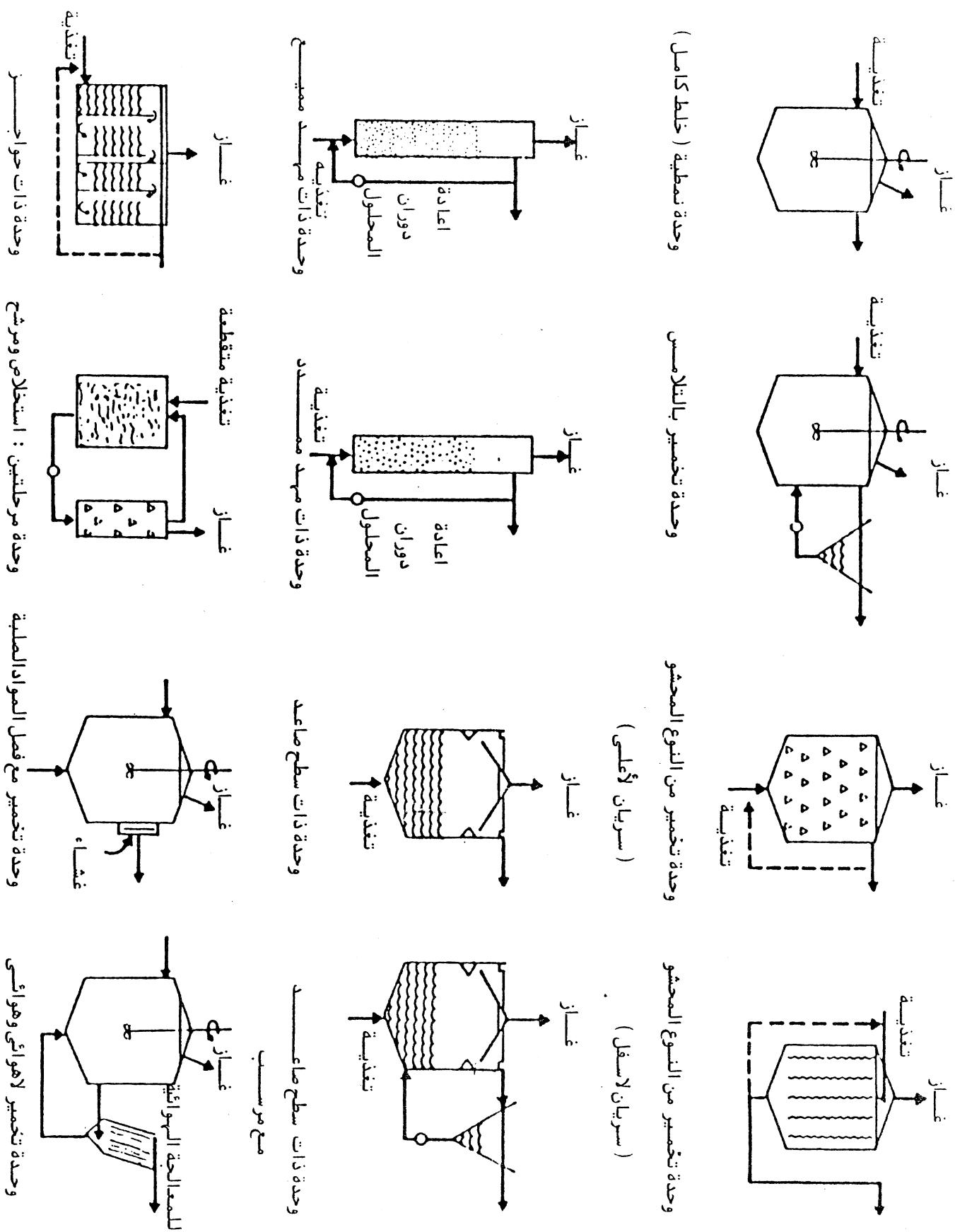


- 1- Tunnel digester
- 2- Feed chamber
- 3- Effluent outlet
- 4- Gasholder
- 5- Gas Scrubber
- 6- Gas Compressor
- 7- Gas mixing distributors
- 8- Electrical power generator

- المخمر
- حربة التخمير
- حربة خروج الغاز
- جران المزار
- مريل الكيرست
- ماسنط الغاز
- خط خلط الغاز
- مولد الكهرباء
- متر류ج الحرارة المفترده
- سخان مياه تنسى
- عدادات غاز
- مرنة للتسخين
- سخان ماء
- خط الغاز
- مسادم الغازات
- عداد مياه

شكل (٥) وحدة انتاج غاز حيوي كبيرة ومميزة

الشكل ٦- تطور وحدات الهضم والانهاط عالية المعدلات



## ٢- تحديد حجم الهاضم

يعرف حجم الهاضم بالسعة أو بالحجم الفعال للمحلول الممكن ضمه في الوحدة. ويرتبط تحديد سعة الوحدة بعوامل كثيرة منها:

- الكمية المتاحة من المخلفات ونوعها.
- درجة حرارة الجو ودرجة حرارة الهضم.
- حجم الطلب من الغاز الحيوي.

وللتوسيح طريقة تحديد حجم الهاضم فائنا نفترض أن الحظيرة والمرحاض تتصلان بالهاضم. ويترسم تحديد الكميات المتاحة من المخلفات بالاستعاة بالجداولين (١ و ٢) مع افتراض نسبة للكمية الممكـن تجميعها والمرتبطة أساساً بنـمـط تـربـيـةـ المـاشـيـةـ وزـمـنـ بـقـائـهـ بـالـحظـيرـةـ، وهـلـ هـوـ كـلـ الـوقـتـ أـوـ بـعـضـ الـوقـتـ.

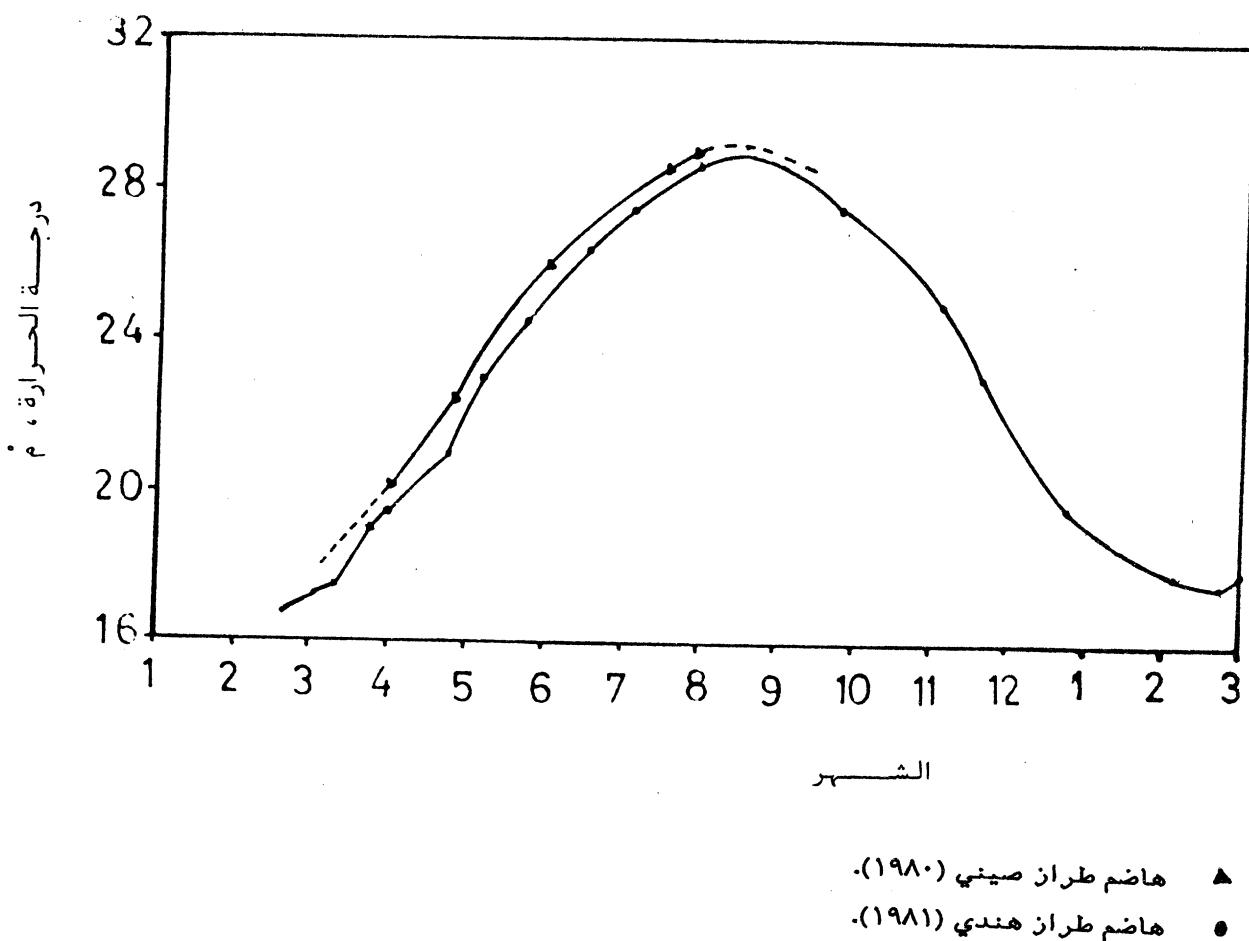
يتراوح تركيز محلول عادة بين ٨-١٠% في المائة من المواد الصلبة وعلى ذلك يجب حساب كمية البول المتجمعة واستكمالها ان لزم بكمية اضافية من الماء لضبط التركيز. علما بأن كمية البول ترتبط بالجو ونوع التغذية.

حجم التغذية اليومية = حجم المخلوط بعد التخفيف الى تركيز ٨-١٠% في المائة.  
زمن البقاء في الهاضم: هو الزمن الذي تقضيه المادة المغذاة قبل أن تخرج من الناحية الأخرى من الهاضم. ويعتمد زمن البقاء اللازم لهضم المادة العضوية والحصول على معظم الغاز على عوامل كثيرة منها درجة الحرارة، نوع المادة العضوية المستخدمة ونوع الوحدة المستخدمة في الهضم. وتتجدر الاشارة الى أنه كلما انخفضت درجة الحرارة عن درجة الحرارة المثلث للهضم ( $35^{\circ}\text{C}$ ) تتطلب ذلك إطالة زمن البقاء حتى يمكن هضم المادة العضوية. كما ان نوع المادة المستخدمة تؤثر بدرجة كبيرة في زمن البقاء حيث ان زرقة الدواجن يحتاج وقتاً أقصر من روث الماشية. وهناك العديد من الدراسات التي يمكن ان تساعده في اختيار زمن البقاء الملائم. وعموماً فإنه في حالة روث الماشية عند درجة الحرارة العاديّة ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ) فإن زمن البقاء يتراوح بين ٣٠-٥٠ يوماً. كما يمكن زيادتها في حالة نقص المادة العضوية المتاحة وزيادة حجم الطلب من الغاز الحيوي. ولكن في حدود، حيث أن زيادة زمن البقاء يرفع تكاليف الهاضم.

ويوضح الشكل ٧ تغير درجات الحرارة على مدار السنة في الهوض في جو القاهرة. ويمكن استخدامه كدليل للمناطق الأخرى مع تعديله حسب الظروف.

وتتجدر الاشارة الى أن درجة حرارة الهوض الصينية تزيد قليلاً عن مثيلتها في التصميمات الهندية نظراً لفقد الحرارة الذي يحدث من خزان الغاز المعدني. وعموماً فإن درجة حرارة الهوض في القاهرة تنخفض الى حدودها الدنيا خلال شهر شباط/فبراير حيث تصل الى حوالي  $17^{\circ}\text{C}$  وترتفع الى الحد الأقصى خلال شهر آب/اغسطس لتصل الى حوالي  $29^{\circ}\text{C}$ . وقبعاً لذلك تتغير معدلات انتاج الغاز الحيوي بدءة كبيرة حيث تنخفض خلال فترة الشتاء وترتفع خلال فترة الصيف.

الشكل ٧- تغير درجات الحرارة في الهواضم على مدار السنة بالقاهرة



الجدول ١ - خواص المخلفات المنتجة من الحيوانات المختلفة (٣)

نسبة المخلفات اليومية الى الوزن الحيي للحيوان في المائة	نسبة البول في المائة	نسبة الروث في المائة	حجم المخلفات الكلي	وزن الحيوان لتر/يوم	الحيوان
٧٢	٣٠	٧٠	٤٠-٣٠	٤٥٠	بقرة حلوب
٦	٣٠	٧٠	٢٧	٤٥٠	عجل تسمين كبيرة
٦	٣٠	٧٠	١١	٢٠٠	عجل متوسطة
١٠	٥٥	٤٥	٨-٥	٤٥	خنازير
٧٥	٣٤	٦٦	٢٣	٣٠	أغنام
٦	٣٠	٧٠	٢٣	٣٨٠	خيول
٢	٨٠	٢٠	١٤	٦٨	إنسان
٥	-	-	١١	٢٣	دجاج بيض
٣٢	-	-	٠٠٥	١٥	دجاج تسمين
٣٢	-	-	٠٢٢	٦٨	أوز كبيرة

المصدر: J. M. Peter, Methane: Planning a digester, Prism Press

الجدول ٢ - الخواص التقريبية للمخلفات الحيوانية في الظروف المصرية

نوع المخلف	الوزن الحيي	حجم كمية الروث الطازج كجم/حيوان × يوم	نسبة الرطوبة كمية الروث كجم/حيوان × يوم	الوزن الحيي
ابقار فريزيان ومستوردة	٤٠٠	٨٤-٨٠	٢٠	٤
ابقار محلية	٣٠٠	٨٤-٨٠	١٢	٢٤
جاموس	٤٠٠	٨٤-٨٠	٢٠	٤
جمال	٣٠٠	٧٥	١٢	٣
ماعاز	٢٠	٦٨	٧٥	٠٢٤
أغنام سلالات صغيرة	٢٠	٦٨	٧٥	٠٢٤
أغنام سلالات كبيرة	٤٠	٦٨	١٥	٠٤٨
دجاج بياض	٢	٦٠	٩٠	٠٣٦

ويوضح الشكل ٨ معدلات انتاج الغاز من الهواضم عند درجات الحرارة المختلفة وباستخدام أزمنة بقاء ٤٢٨ و ٥٧٥ يوماً و ٩٥ يوماً<sup>(٥)</sup> ويمكن استخدامه كدليل لتحديد كمية الغاز الممكن انتاجها من الرووث حسب الظروف المختلفة.

$$\text{حجم الهواضم} = \text{حجم التغذية اليومي} \left( \frac{\text{م}^3}{\text{يوم}} \right) \times \text{زمن البقاء} (\text{يوم}).$$

مثال: لدى أسرة مزارع أربع بقرات كبيرة تقضي كل الوقت في الحظيرة وهناك رغبة لاستخدام الهواضم كوسيلة صرف صحى للمرحاض والحظيرة ومتوسط درجة الحرارة ٢٥°C.

$$\begin{aligned} \text{المخلفات: رووث} &= ٤٨ \times ٤ = ١٢ \times ٤ \text{ كجم رطب} = ٩٦ \text{ كجم جاف.} \\ \text{مخلفات آدمية} &= ٥ \times ٣٠ = ٥٠ \text{ كجم رطب} = ٣٠ \text{ كجم جاف} \\ \text{الجملة} &= ٩٩ \text{ كجم} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{على افتراض ان تركيز التغذية} &= ٨ \% \text{ في المائة مادة صلبة} \\ \text{حجم التغذية اليومية} &= \frac{١٠٠}{٨} \times ٩٩ = ١٢٣٧٥ \text{ لتر} \end{aligned}$$

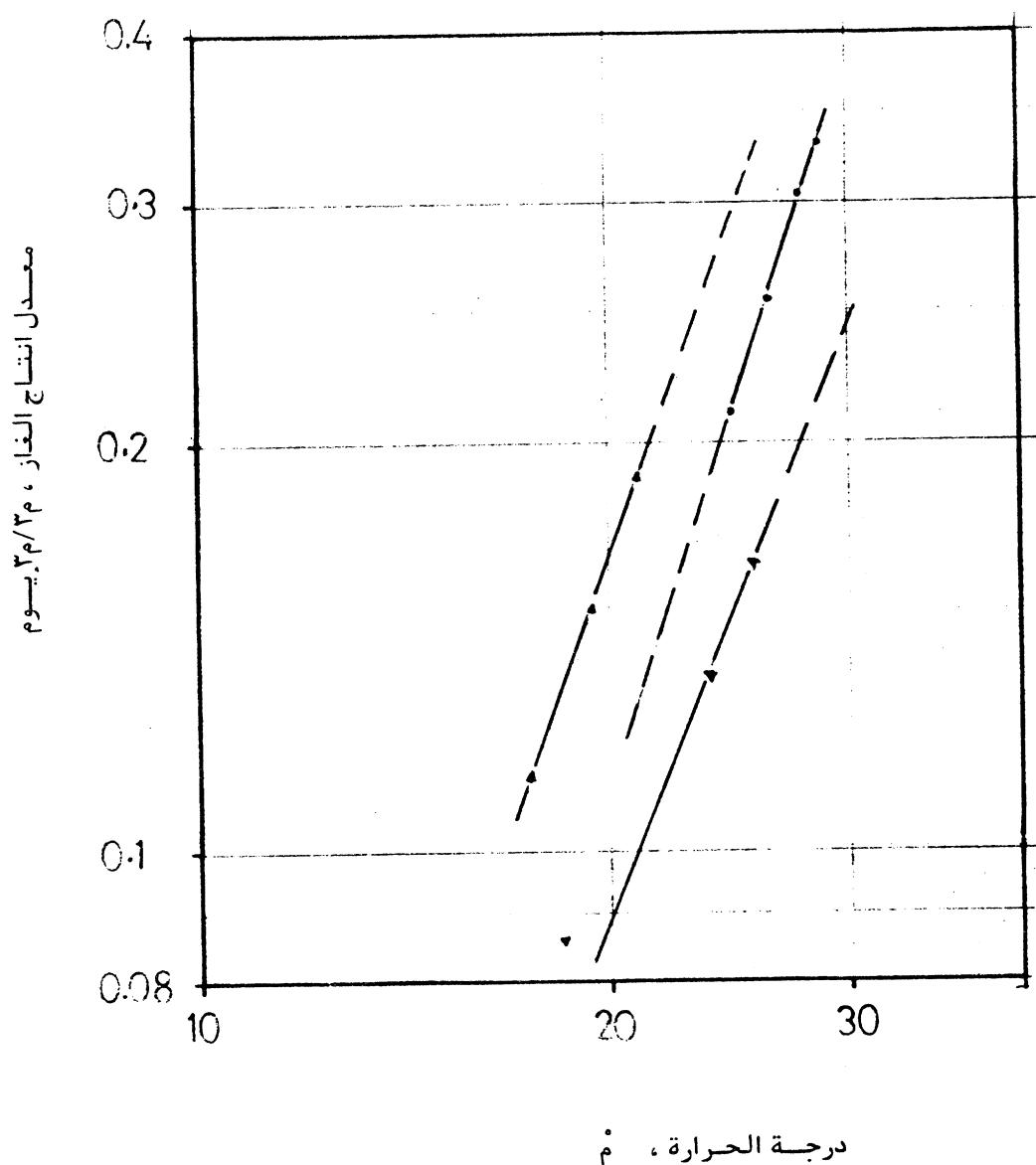
وبافتراض أن زمن البقاء حوالي ٤٠ يوماً (٤٢٨ يوماً)  
 $\dots \text{حجم الهواضم} = ٢٨٤ \times ١٢٣٧٥ \times ٣ = ٣٧٦٤ \text{ م}^3$   
 وباستخدام الشكل ٨ فعند درجة حرارة ٢٥°C وزمن بقاء حوالي ٤٠ يوماً يكون معدل انتاج الغاز  $٣ \text{ م}^3/\text{م}^3$  في اليوم.

$$\dots \text{انتاج الغاز} = ٣٧٦٤ \times ٣٠ = ١٤٢٩ \text{ م}^3 \text{ في اليوم.}$$

ان زيادة زمن البقاء، وان كانت تقلل من معدل انتاج الغاز بالنسبة لوحدة الحجم من الهواضم الا ان كمية الغاز الاجمالية المنتجة تزداد ولكن بدرجة ليست كبيرة. وقد تكون زيادة زمن البقاء أحد الحلول لزيادة كمية الغاز المنتجة اعتماداً على نفس الكمية من المخلفات شرط ان تسمح بذلك اقتصadiات العملية حيث ان زيادة زمن البقاء تزيد حجم الهواضم وبالتالي تكاليف البناء. الا ان زيادة زمن البقاء لها مزايا أخرى غير قاصرة على زيادة كمية الغاز حيث ان درجة القضاء على الكائنات المسببة للامراض تزداد وعلى ذلك فانها تمثل أهمية خاصة في حالة استخدام الوحدة كوسيلة للصرف الصحي للمخلفات الآدمية.

$$\begin{aligned} \text{وبافتراض أن زمن البقاء} &= ٥٧٥ \text{ يوماً} \\ \text{حجم الهواضم} &= ٥٧٥ \times ١٢٣٧٥ \times ٣ = ١١٦ \text{ م}^3 \\ \text{وباستخدام الشكل ٨} &\text{ فعند درجة حرارة ٢٥°C وزمن بقاء ٥٧٥ يوماً فإن معدل انتاج} \\ \text{الغاز} &= ٣٢٢ \text{ م}^3/\text{م}^3 \text{ في اليوم.} \\ \text{انتاج الغاز} &= ١١٦ \times ٣٢٢ = ٣٥٦٥ \text{ م}^3/\text{في اليوم.} \end{aligned}$$

الشكل ٨- تأثير ظروف التشغيل على معدلات انتاج الفاز<sup>(٥)</sup>



أي أن زيادة حجم الهاضم بما يعادل حوالي ٥٠ في المائة ساعدت على رفع معدل انتاج الغاز اليومي بما يعادل حوالي ١٠ في المائة فقط.

ويمكن أن يساعد الجدول ٣ على معرفة الحد الأقصى لكمية الغاز التي يمكن الحصول عليها من المخلفات المختلفة<sup>(٤)</sup>.

ويمكن تقدير حجم الطلب من الغاز باستخدام الجدولين (٤ و ٥). وللوفاء بالاحتياجات المطلوبة يجب توفير كمية ملائمة من المخلفات العضوية. وتساعد زيادة زمن البقاء كما ذكرنا سابقاً على زيادة كمية الغاز المنتجة يومياً ولكن أثراً محدوداً نظراً لصعوبة زيادة زمن البقاء بدرجة كبيرة حيث أنها تزيد من حجم الهاضم وتؤثر في التكاليف. وتتجدر الاشارة إلى أن رفع درجة الحرارة داخل الهاضم يمكن أن يكون أحد العوامل المهمة لو أمكن تحقيقه بطريقة ملائمة مثل تغطية حجرة التغذية ببلاستيك شفاف أو عمل صوبة من البلاستيك لوحدة الهمض مع مراعاة التغذية وقت الظهيرة.

### ٣- تحديد سعة خزان الغاز

حجم خزان الغاز الفعال = هو حجم التخزين الفعلي للغاز وترتبط سعة خزان الغاز بكمية الانتاج ونمط الاستهلاك اليومي للغاز، حيث أن الخزان يقوم بتخزين الغاز المنتج في ساعات عدم الاستخدام. وعلى ذلك فإن حجم الخزان يجب أن يسمح بتخزين جميع الكميات المنتجة خلال فترة الانقطاع عن التشغيل اليومي. وفي الحالات الأكثر شيوعاً يستخدم الغاز عدة مرات خلال فترة النهار ثم يتوقف الاستهلاك طوال فترة الليل. وعلى ذلك فإن حجم الخزان في أغلب الحالات يجب أن يسمح بتخزين الغاز المنتج خلال فترة الليل والتي يمكن تقديرها بحوالي ١٢ ساعة يومياً. أي أن حجم خزان الغاز الفعال =  $\frac{24}{12} = 2$  حجم الانتاج اليومي من الغاز. وعلى ذلك يتم تصميم الأجهزة الصينية (المضغوطة بالماء) بحيث تستوعب ٥٠ في المائة من الانتاج اليومي من الغاز، ويكون تصميم الأجهزة الأخرى ذات الخزان الطافي على أساس طاقة تخزينية تعادل ٦٠ في المائة أو أكثر نظراً لسهولة التنفيذ عملياً كما سنوضح فيما بعد.

### الجدول ٣- معدلات انتاج الغاز من المخلفات الحيوانية<sup>(٤)</sup>

نوع المخلف	في المائة	نسبة تحويل المادة العضوية بالنسبة للمادة العضوية المهضومة	معدل انتاج الغاز م / كجم
روث بقر	٣٠	٨٠	٠.٨
روث خنافس	٥٠	١١	١.١
روث دواجن	٦٠	٦٠	٠.٦

الجدول ٤- الاحتياجات من الغاز الحيوي للاستخدامات المختلفة

المواصفات	الغرض
خمسة أفراد قطر ٣ سم	الطبخ لاسرة متوسطة
موقد صغير قطر ٥-٤ سم	موقد صغير
موقد متوسط قطر ٦ سم	موقد متوسط
موقد كبير متوسط الحجم	موقد كبير
فرن كلوب برتينة	فرن
الإضاءة حسان	الإضاءة
آلة احتراق داخلي كيلووات	آلة احتراق داخلي
توليد طاقة كهربائية ٦ قدم	توليد طاقة كهربائية
ثلاجة تبريد طول ٦ سم	ثلاجة تبريد
دفایة مزارع دواجن	دفایة مزارع دواجن

جدول ٥- الطاقة الحرارية للغاز الحيوي وبعض المصادر الأخرى

الكماءة في المائة	الطاقة الحرارية كيلو كالوري	الوحدة	الوقود
٦٠	٥٦٠٠	٣ متر	غاز حيـوي
٥٠	٩١٠٠	لتر	كيروسين
١٠	٥٠٠٠	كجم	الخشب
١٠	٤٠٠٠	كجم	حطـب القطن
١٠	٣٦٠٠	كجم	حطـب الذرة
١٠	٣٥٠٠	كجم	قش الـرز
١٠	٢٧٠٠	كجم	اقرـاص الروـث والجلـة

#### ٤- اختيار الموقع

يمثل اختيار موقع انشاء الوحدة أهمية خاصة حيث يؤثر في تكلفتها ومعدل انتاجها من الغاز وتؤخذ عملية الاختيار إلى الاعتبارات التالية:

١- القرب ما امكن من مصادر المخلفات وهي الحظيرة والمرحاض، حيث تعمل الوحدة كوسيلة صرف صحى للمخلفات. ويساعد قرب المسافة على التوصيل بين الوحدة والحظيرة والمرحاض بأقل كمية من المواصل وأيضاً بأقل إنخفاض في المناسيب مع الحصول على انسياقات ملائمة في المخلفات. وتعتبر المسافة في حالة توصيل الحظيرة بالمرحاض عنصراً مهماً للغاية.

٢- وجود مساحة ملائمة لإنشاء الوحدة ولمداولة المواد الهاضمة.

٣- ملائمة التربة لالانشاء وخصوصاً بالنسبة للوحدات التي تنشأ تحت سطح الأرض. كما يؤثر مستوى المياه السطحية بدرجة كبيرة على إنشاء الوحدة حيث يرفع من تكاليف إنشاء الوحدات العميقه ولذلك يفضل اختيار التصميم الملائم لظروف التربة معأخذ خصائص التربة في الحسبان.

٤- القرب من مناطق استخدام الغاز حيث أن بعد الوحدة عن مناطق الاستخدام يرفع من تكاليف نقل الغاز وقد يؤثر بدرجة كبيرة على اقتصاديات المشروع.

٥- البعد عن مصادر مياه الشرب سواء كانت آباراً أو مجاري مائية وذلك تحاشياً للتلوث وتعتبر مسافة ٣٠-٢٠ متراً كافية لذلك.

#### ٥- اختيار التصميم

هناك تصميمات عديدة لوحدات انتاج الغاز الحيوي ولكننا نركز هنا على ثلاثة أنواع يمكن أن تغطي معظم الخيارات المحتملة وفي مجموعها يمكن أن تمثل مجموعة متكاملة للوفاء بالاحتياجات المختلفة. والتصميمات المتناولة بالتفصيل في هذا الدليل هي:

- ١- الهاضم الهندي المعدل.
- ٢- هاضم البوردا المعدل.
- ٣- الهاضم الصيني - المصري.

ويمكن إنشاء جميع هذه التصميمات بالاعتماد على الخامات المحلية دون الاستيراد من الخارج. وتحميز الهاضم من الطراز الهندي والبوردا بوجود خزان غاز معدني طافٍ يمكن التحكم في حجمه بسهولة. وعلى ذلك تتيح هذه الأنواع من الأجهزة التخزين الكبير للغاز، وبمعنى آخر فلو افترضنا أن

عائلة تستهلك الغاز مرة واحدة في اليوم لمدة ثلاثة ساعات فقط فان خزان الغاز يجب ان يتتحمل تخزين الغاز المنتج مدة ٢١ ساعة وهي بقية ساعات اليوم. ويمكن تحقيق هذا الشرط في الوحدات ذات الخزان الطافي ولكنه يتعدى في الهواضم الصينية المضغوطة بالماء، وتسهل عملية انشاء الوحدات ذات الخزان الطافي الا أنها عالية التكاليف، عكس الهواضم الصيني الذي يحتاج الى عمالة ماهرة في انشائه بالإضافة الى انخفاض تكاليفه، ويحتاج الهواضم الهندي الى اعمق كبيرة مقارنة بالبوردا وعلى ذلك فان الاخير قد يكون اكثر ملائمة لظروف العفر والمياه السطحية المرتفعة نسبيا. اما الخزان المعدني فهو مرتفع التكاليف ويحتاج الى صيانة دائمة بعكس الوحدات الصينية التي لا تحتوي على اجزاء معدنية ومن ثم فهي تقاد لانحتاج الى صيانة. وتوجد معظم اجزاء الهواضم الصيني تحت سطح الارض ويمكن انشاؤه تحت الحظيرة بعكس الانواع الاخرى التي تحتاج الى مساحة لانشائها. ولعل هذه المقارنة السريعة تلقي الضوء على اوجه الاختلاف الجوهرية بين التصميمات المختلفة ومن ثم تساعد على اختيار التصميم الملائم لكل حالة.

## ٦- تصميم الهواضم

نعرض في هذا الباب الرسومات التفصيلية لبعض الهواضم. وهي تطويرات اجريت في المركز القومي للبحوث بالقاهرة للوحدات الاكثر شيوعا في العالم وهي النوع الهندي والصيني والتي يتميز انشاؤها بالاعتماد على الخامات والعمالات المحلية.

### ٦- الهواضم الهندية المطورة

ان التصميمات المقترحة هي تطويرات للهواضم الهندية نظام KVIC وهي الاكثر شيوعا. وقد اجري التطوير نظراً لتغير درجة الحرارة في مصر عنها في الهند (بومباي) ونظراً لزيادة كمية المواد الخام المستخدمة في انشاء التصميم الهندية. فنظرًا لانخفاض درجة الحرارة ومن ثم انخفاض انتاجية الغاز لا يستعمل كل حجم خزان الغاز، مما يسبب زيادة في التكلفة لا لزوم لها. ولذلك تم تصفير ارتفاع الخزان. كما زود الخزان بريش مائلة للتقليل، وتم تعديل دليل خزان الغاز وذلك لتقليل التكاليف وتسهيل عملية التصنيع.

والشكل ٩ عبارة عن هواضم طراز هندي معدل بحجم كلي  $28\text{m}^3$  وحجم فعال  $7\text{m}^3$ . والهواضم عبارة عن منشأ اسطواني الشكل مبني من الطوب يبنى تحت سطح الارض بسمكية جدار تبلغ ١٢ سم. ونظراً لصغر قطر الهواضم فهو غير مزود بفواصل. وتوجد حجرة للتغذية متصلة بالحظيرة ومزودة بقلاب لتقليل الروث مع البول والمياه في حالة الحاجة الى مياه اضافية. وتتصل حجرة التغذية بأسفل الهواضم بواسطة ماسورة اسبستوس - اسمنتية او أي نوع آخر متاح. ويوجد وصلة في الماسورة في الجزء العلوي وأسفل حجرة التغذية لتوسيتها بالمرحاض مباشرة كما يوجد شفة وهي عبارة عن بروز من الطوب لتجويع الغاز وتوجيهه الى خزان الغاز. ويثبت دليل الخزان في الجدران. ويتم تغطية الهواضم بطبقة محارة خاصة لمنع تسرب المياه كما سيوضح بالتفصيل في انشاء الهواضم.

حجرة الخروج قادرة على تخزين كمية من محلول المهمض وذلك لاتاحة الفرصة لاعادة استخدام محلول في تخفيف روث التغذية بدلاً من الماء في حالة صعوبة الحصول عليه او الرغبة في اعادة دوران جزء من محلول الخارج.

ويجب ان يكون قطر الخزان اصغر من قطر الهاضم بحوالي ١٠ سم ليس مع وجود منطقة حرقة حول الخزان عرضها حوالي ٥ سم لتسهيل حركة الخزان ولمنع تأثير حركته بالطبقة المتجلدة بين الهاضم والخزان. ويجب أن يكون الجزء العلوي من الهاضم أطول من الخزان بحوالي ٢٠-١٠ سم، كما يجب ان يكون مستوى سطح الأرض دون مستوى فتحة الخروج بحوالي ٢٠-١٠ سم لاتاحة الفرصة للمحلول المهدى واملاكسياب تلقائيا. أما مستوى حجرة التغذية فيجب أن يكون أعلى من مستوى فتحة الخروج بحوالي ٢٠-١٠ سم لتسهيل انسياب محلول عند التغذية.

والشكل ١٠ عبارة عن مقطع رأسى ومسقط أفقى لخزان الغاز. ويتم انشاء الخزان باستخدام حديد بسماكة ٢ مم وله قاعدة مفتوحة، ويكون الجزء العلوي على شكل مخروط، أما الخزان فيقوى بالزوايا الحديدية ٣٠×٣٠×٣٠ مم كما هو موضح بالرسم. وتوجد ريش مائلة من الصاج سماكتها ٣-٢ مم وعرضها حوالي ٧ سم لتكسير الطبقة المتجلدة على سطح محلول الهضم. ويتوسط الخزان ماسورة حديد قطرها ٣ بوصة لتساعد على حركة الخزان على الدليل صعودا وهبوطا. وقطر ماسورة الغاز بوصة واحدة تثبت في الجزء المخروطي كما تلحظ أربعة مقابض على محيط الخزان لتسهيل نقله وتركيبه وتحريكه.

ويبيّن الشكل ١١ دليل خزان الغاز وهو عبارة عن ماسورة قطرها ٢ بوصة مثبتة باللحام في كمرة حديد على شكل صليب مقاسها ٥٠×٥٠×١٠٠ مم. ويتم تثبيت الماسورة في الكمرة الاولى لتكون ذراعين ثم يتم لحام جزأين من الكمرة لتكون الدليل. وللتقوية يلجم مربع حديد سماكته ٥ مم ليربط اذرع الدليل بعضها. ويجب ان يسمح طول الأذرع بمرورها في سمك الجدار للتثبيت.

ويبيّن الشكل ١٢ خلاطاً يدوياً لخلط المواد في حجرة التغذية وهو عبارة عن عمود ادارة مثبت عليه قطعاً معدنية. وعند تثبيته في محوره وادارته فإنه يخلط المخلفات خلطا متجانسا.

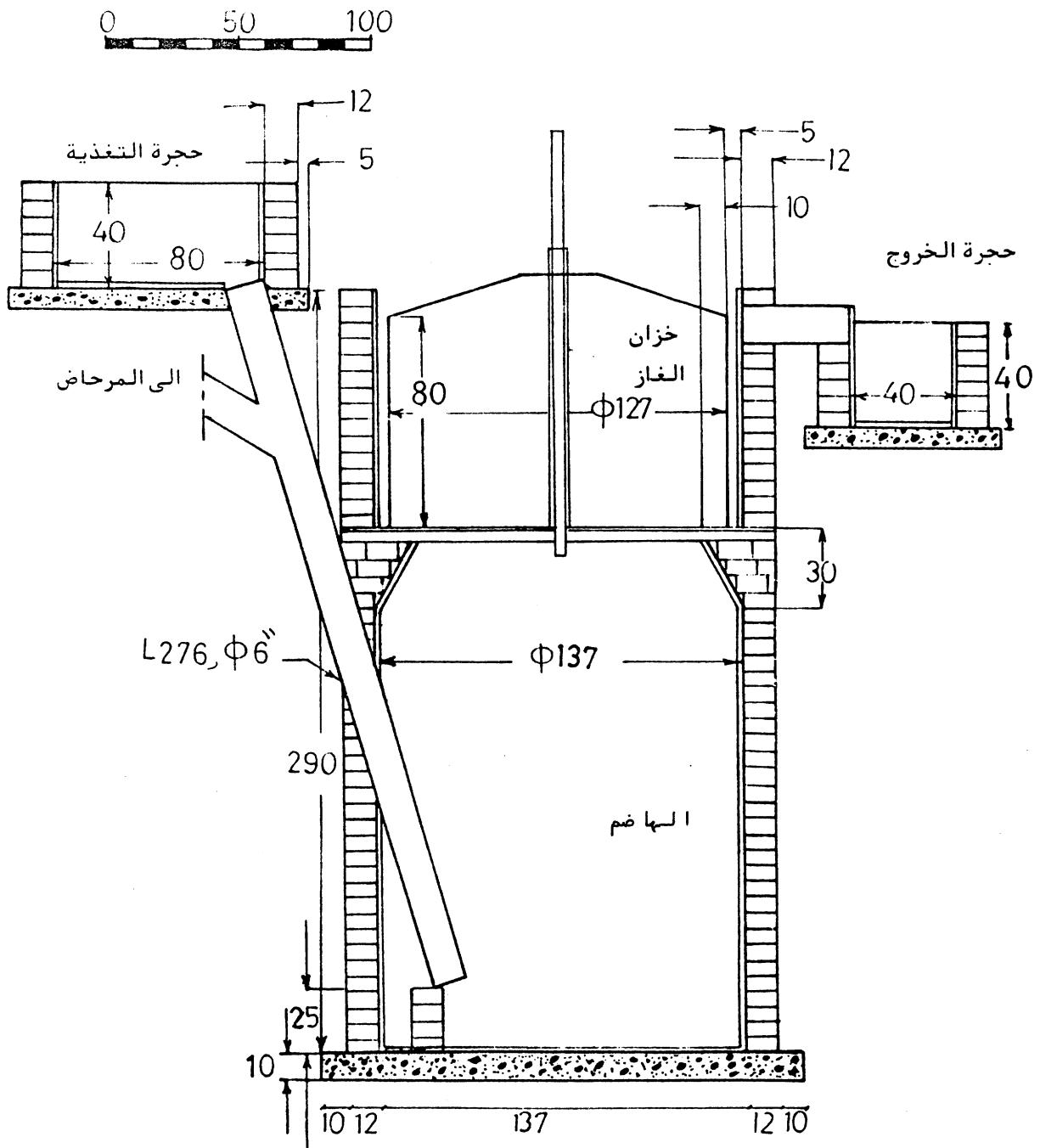
ويلاائم التصميم المقترن المناطق الحارة التي يصل معدل انتاج الغاز فيها الى حوالي ٤٠ م٣/م في اليوم. وفي حالة تغييرها يمكن تغيير حجم الخزان. وان كان يفضل في هذه الحالة استخدام تصميم آخر اكثرا ملاءمة مثل البوردان نظرا لامكانية التحكم في قطر وارتفاع الخزان بسهولة ومن ثم التحكم في التكلفة.

(٦) يبيّن الشكل ١٣ هاضما من الطراز الهندي المعدل بحجم كلٍ ٤٧ م٣ وحجم فعال ٢٦ م٣. ويوجد حاجز أو سط لتحسين سريان محلول داخل الهاضم. وتنتمي التغذية في اسفل الحجرة الاولى والخروج من اسفل الحجرة الثانية وهو يلاائم أيضا معدلات انتاج الغاز المرتفعة في حدود ٤٠ م٣/م في اليوم.

ويوضح الشكل ١٤ مسقطاً افقياً لقاع الخزان ومسقطاً رأسياً للخزان وهو بقطر ٦٥ رم يلاائم الهاضم (الشكل ١٢) بقطر ٧٥ رم. والخزان شبيه بما تم توضيحه في الشكل ١٠.

يبين الشكل ١٥ مسقطاً افقياً للخزان من أعلى حيث يظهر القرص العلوي بسماكة ٥ مم ومامسة ماسورة الغاز.

الشكل ٩ - وحدة انتاج غاز حيوى طراز هندي معدل



الأبعاد بالسنتيمترات

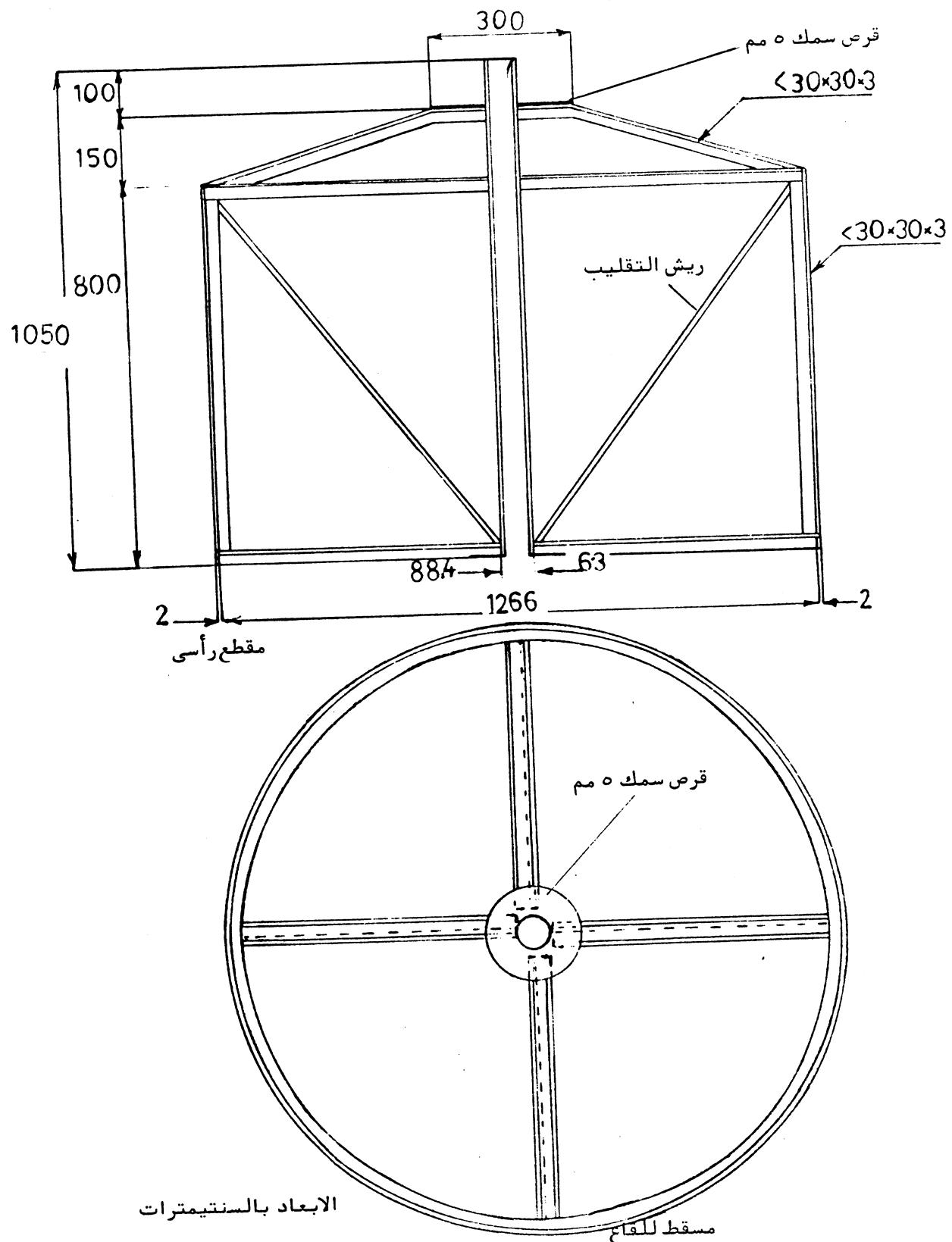
حجم الهاضم الكلي = ٣٤٢ م<sup>3</sup>

حجم الهاضم الفعال = ٣٧٢ م<sup>3</sup>

حجم خزان الغاز الفعال = ٨٨٧٠٣ م<sup>3</sup>

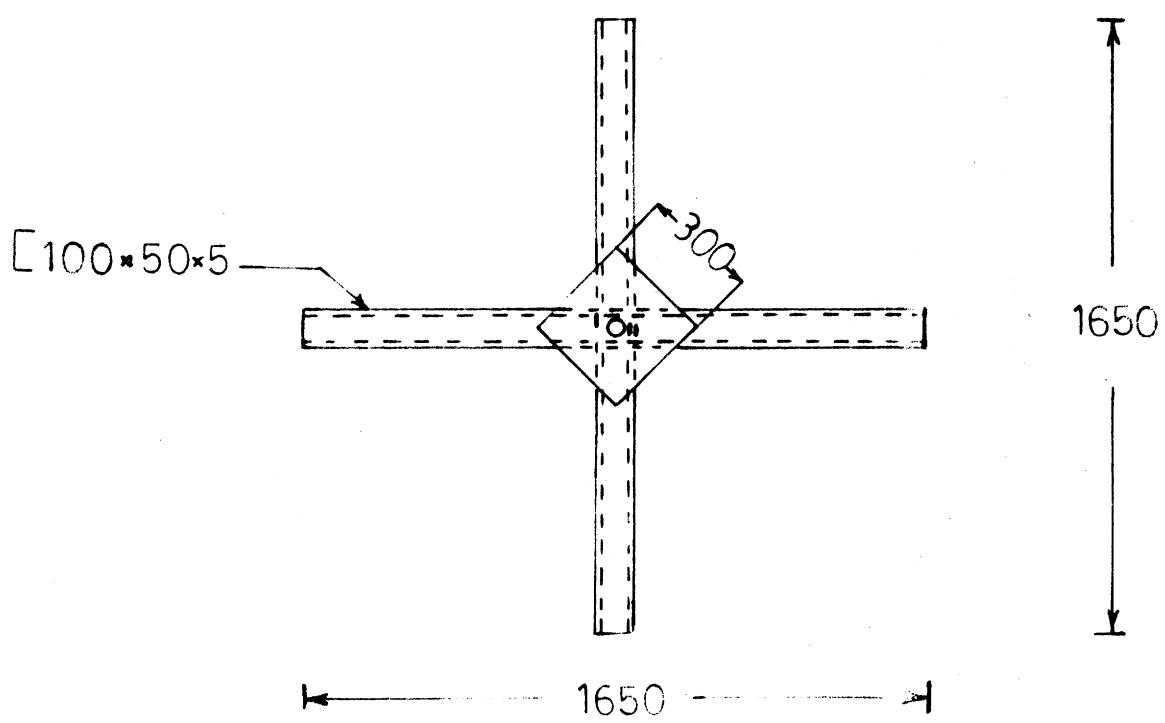
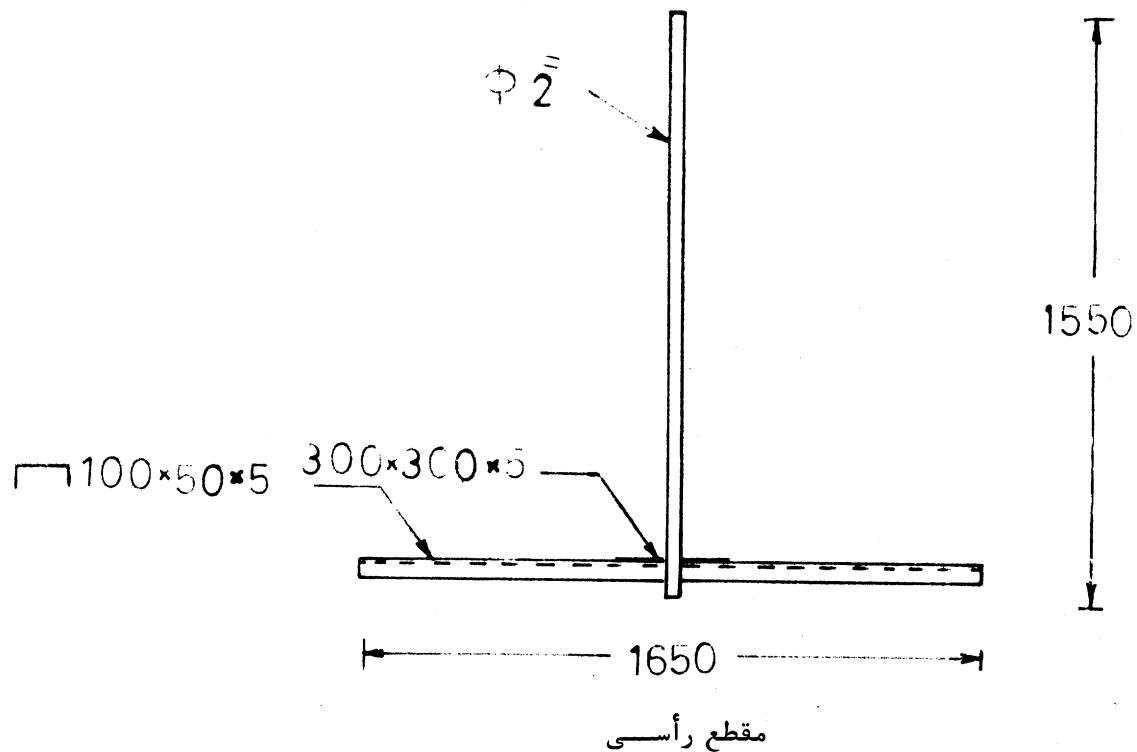
معدل انتاج الغاز الملائم = ٤٣ م<sup>3</sup>/م<sup>3</sup> يوم

الشكل ١٠- خزان الغاز للهاضم بقطر ٣٧ رام



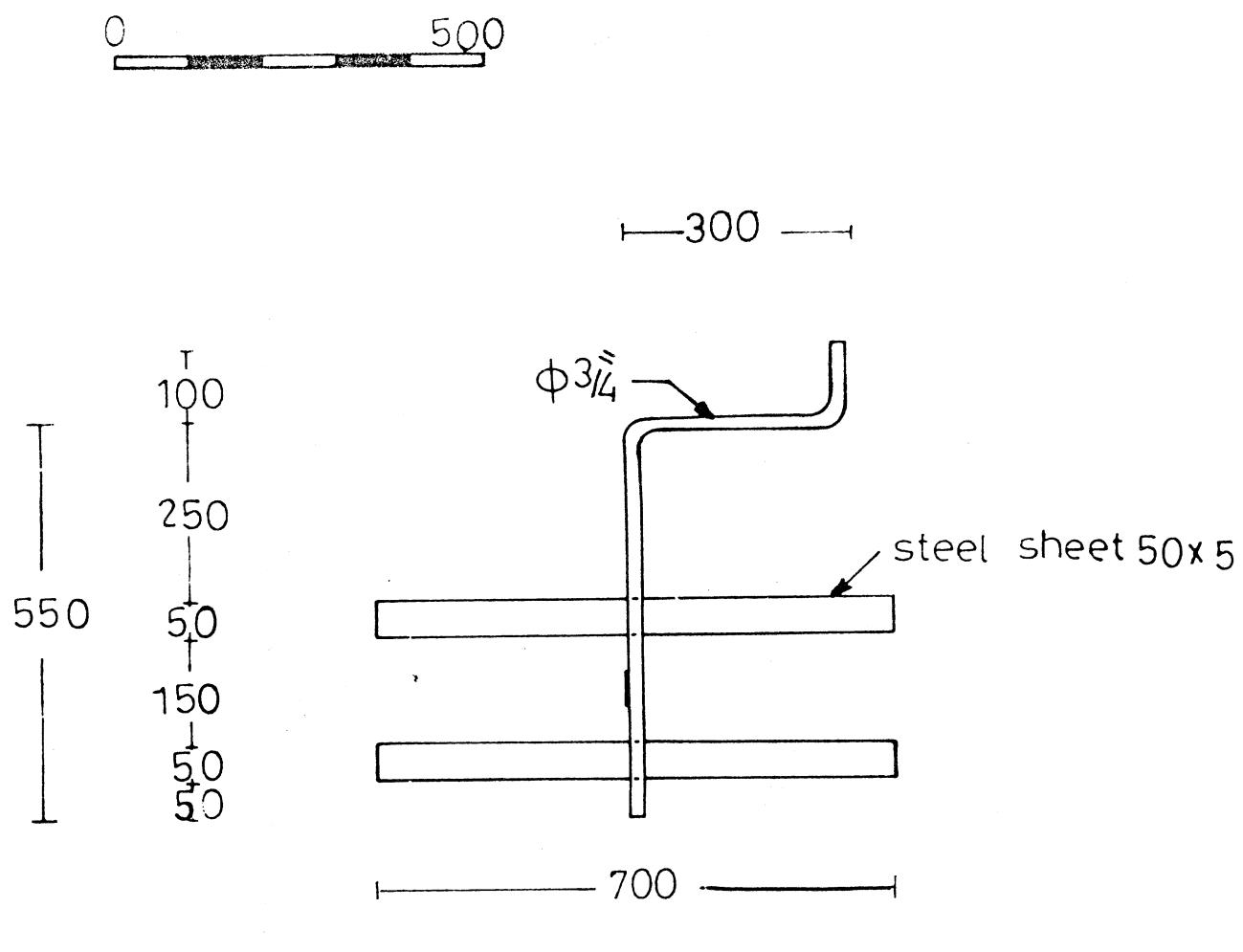
الشكل ١١ - دليل لخزان الغاز قطره ٢٧ سم

0 500 1000

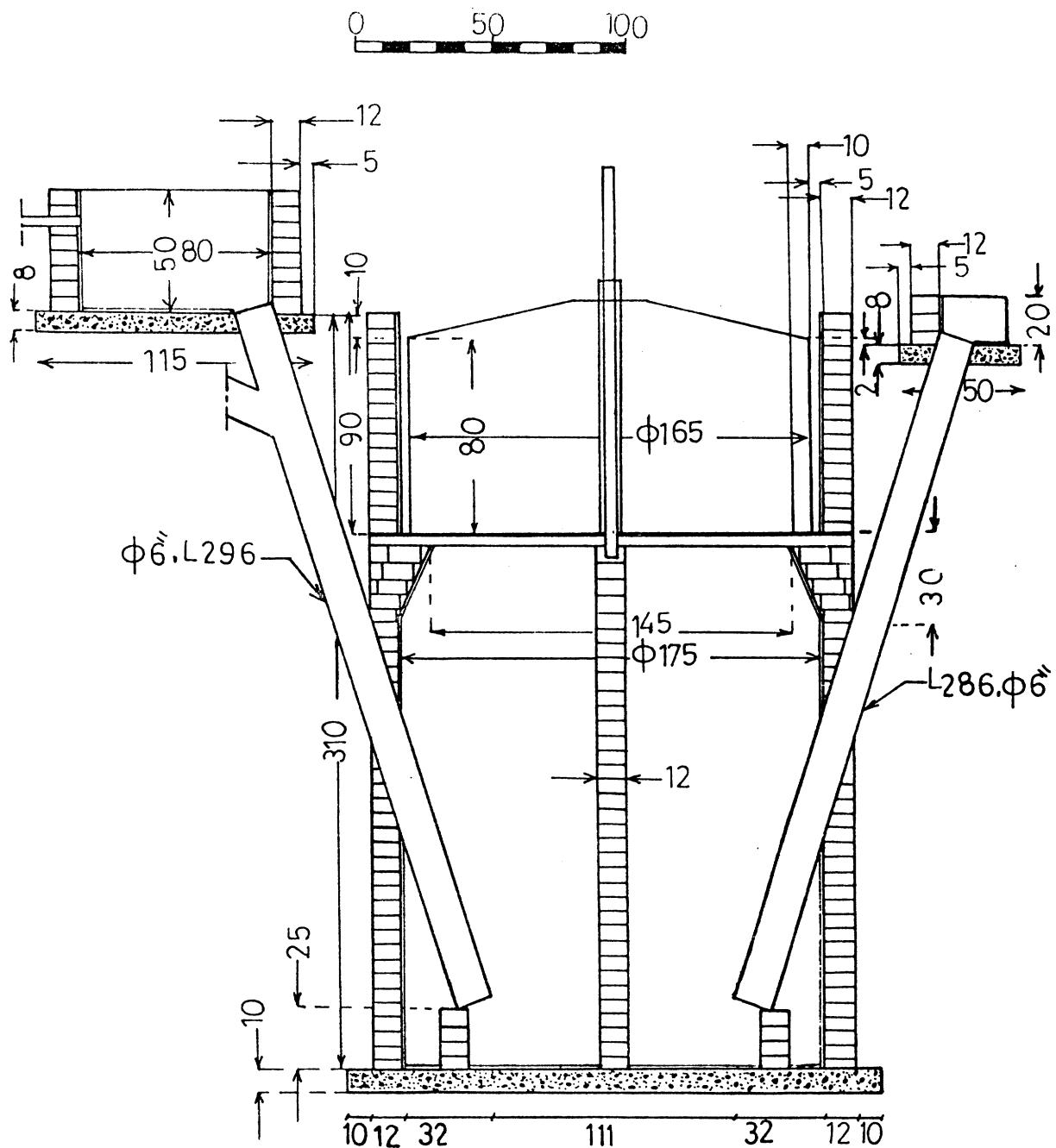


الابعاد بالسنتيمترات

الشكل ١٢ - خلاط يدوي لمواد التغذية



الشكل ١٣ - وحدة انتاج غاز حيوي طراز هندي معدل



الأبعاد بالسنتيمترات

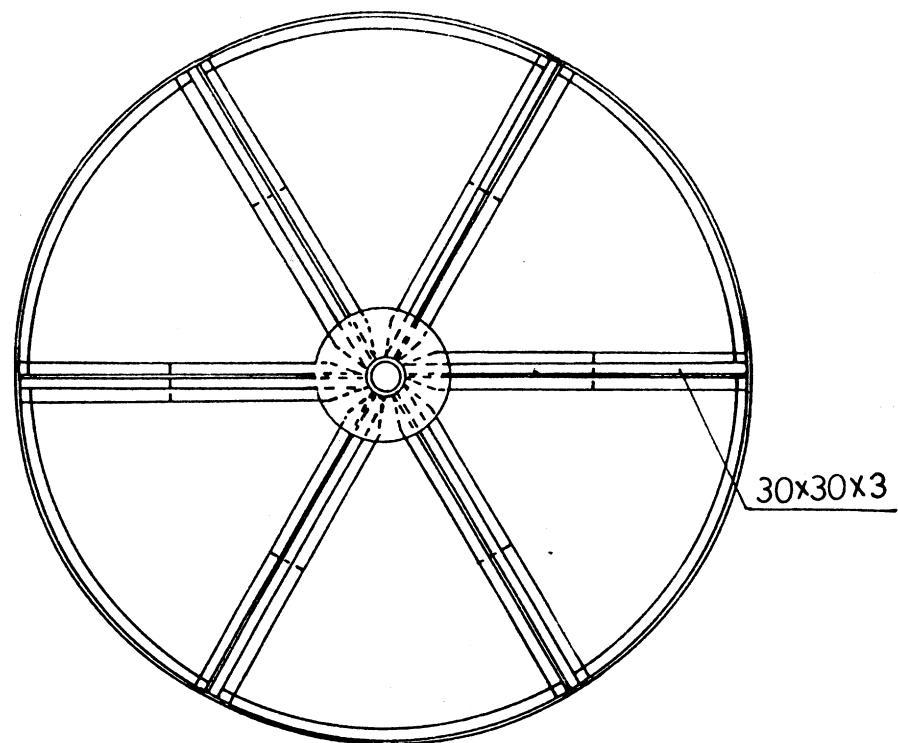
حجم الهاضم الكلي = ٣٧٤ م<sup>3</sup>

حجم الهاضم الفعال = ٣٦٢ م<sup>3</sup>

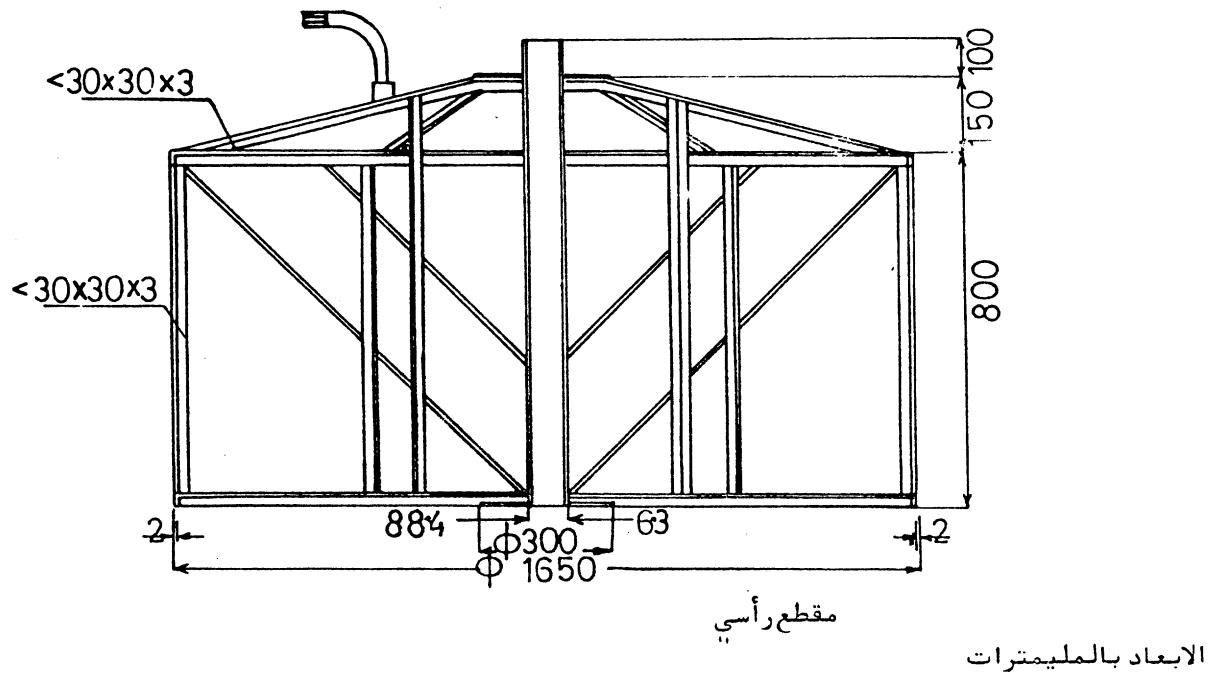
حجم خزان الغاز الفعال = ٥٠١ م<sup>3</sup>

معدل انتاج الغاز الملائم = ٤٠ م<sup>3</sup>/م<sup>3</sup> يوم

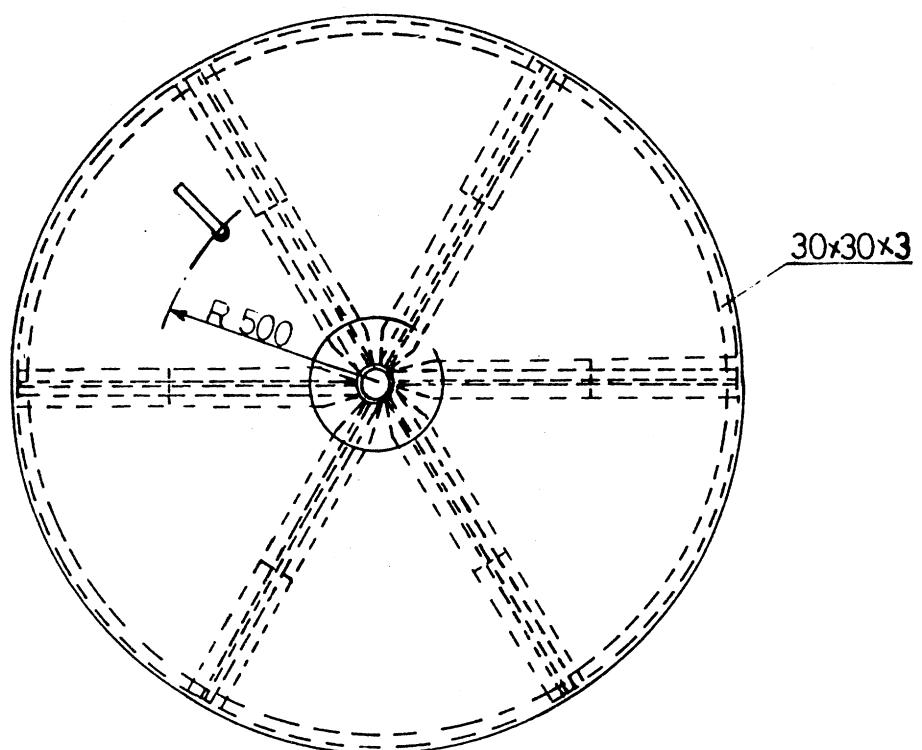
الشكل ١٤ - خزان الغاز لهاضم بقطر ١٧٥ م



مسقط افقي لقاع الخزان



الشكل ١٥ - مسقط أفقي للخزان من أعلى



الأبعاد بالملليمترات

ويبين الشكل ١٦ دليل خزان الغاز وهو يلائم الهاضم شكل ١٣ وخزان الغاز شكل ١٤.

ويبين الشكل ١٧ هاصما من الطراز الهندي المعدل بحجم كلي ٣٠٢٨٥ م٣ وحجم فعال ٣١٢ م٣ وهو مزود ب حاجز أو سطح يلائم معدلات انتاج غاز حوالي ٣٠ م٣/م٢ في اليوم.

ويبين الشكل ١٨ مقطعا رأسيا للخزان ومسقطا أفقيا لقاع الخزان المزود بريش للتقليل وتكسير الرغوة المتجلدة وهي عبارة عن صفين من الخوص الحديد سماكتها ٢ مم وعرضها ٥٠ - ٧٥ سم.

ويبين الشكل ١٩ دليل خزان الغاز.

## ٢-٦ هاضم البوردا المعدلة

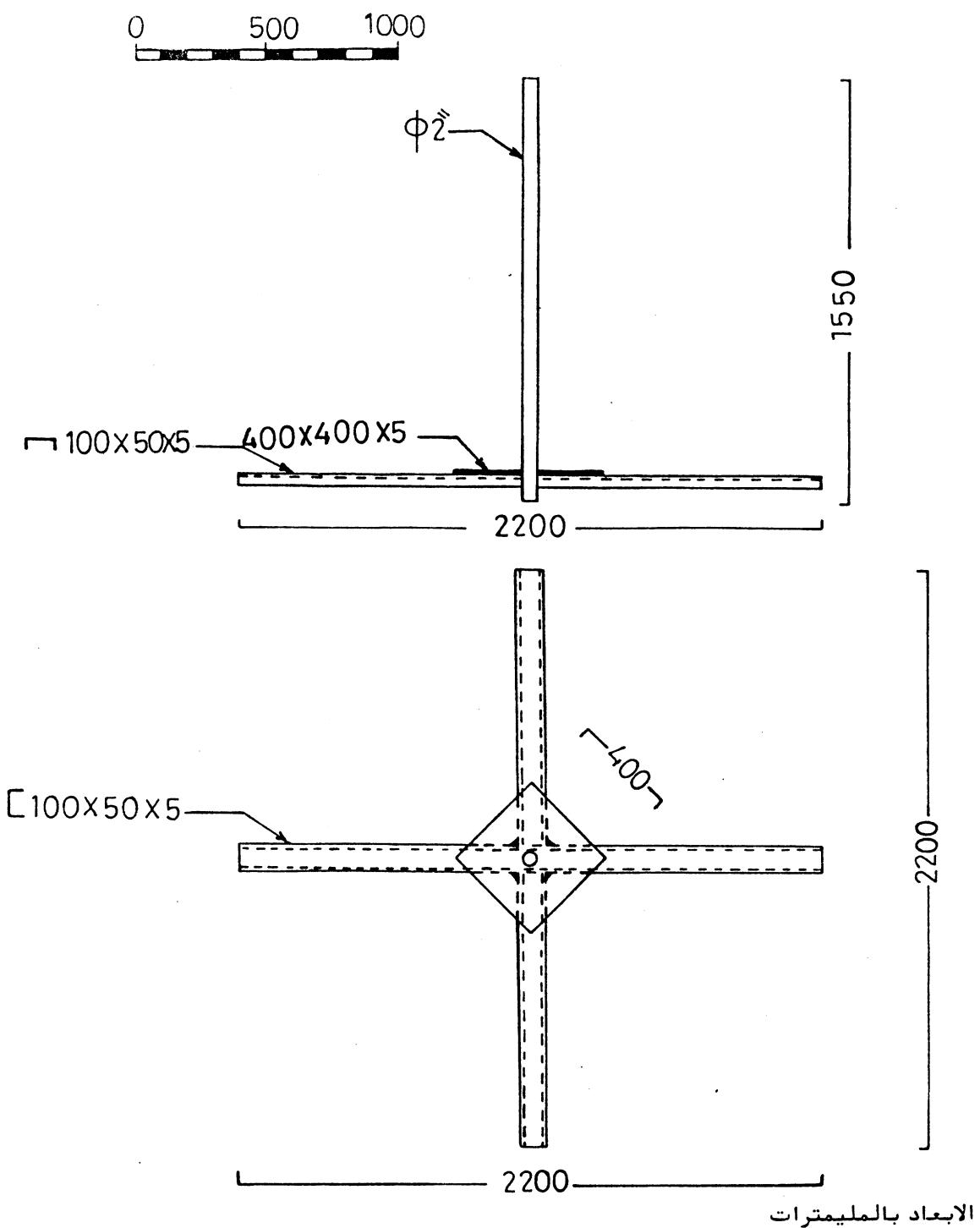
تعتبر هواضم البوردا تطويرا للنظام الهندي. ويمثل الجزء السفلي شكل نصف كرة مما يسمح بزيادة الحجم ومن ثم تقليل الاعماق الالازمة. أما الجزء العلوي فهو اسطواني الشكل وفيه يتم وضع خزان الغاز ويبيّن هذا الجزء من الطوب الجيد ويمكن تغيير قطر الخزان طبقا لمعدلات الانتاج من الغاز. ويكون القاع على شكل مخروط أو جزء من كرة لتحمل ضغط المياه السطحية ان وجدت وهو من الخرسانة العاديّة كما يمكن انشاء وحدات بقاعدة مستوية في حالة بعد المياه السطحية عن مستوى الانشاء. وأهم مزايا هذا النوع هي:

- ١ - احتياجه لاعماق أقل من الطراز الهندي وعلى ذلك فهو أكثر ملاءمة للمناطق التي يكون مستوى المياه السطحية فيها مرتفعا بالإضافة إلى سهولة اعمق الحفر والانشاء.
- ٢ - عدم ارتباط قطر الجزء العلوي الحامل لخزان الغاز بالجزء السفلي مما يزيد في المرونة وبذلك يمكن اختيار قطر الخزان تبعا لمعدلات انتاج الغاز الحيوي بسهولة وبتكلفة مناسبة.
- ٣ - امكانية التوفير في المواد الانشائية.

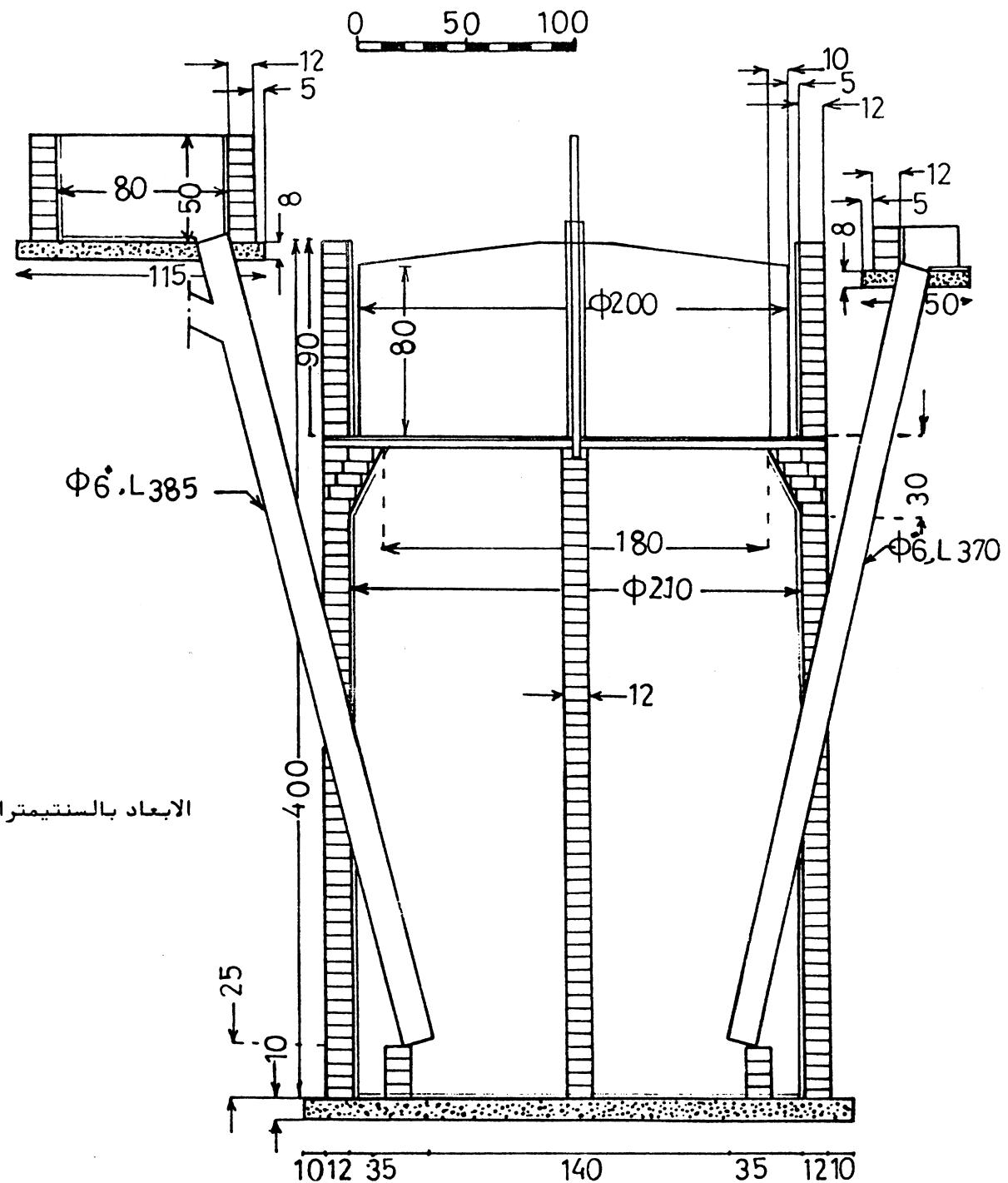
ونعرض هنا بعض التصميمات للوحدات العائلية من طراز بوردا المعدلة والتي تم تصميمها وتجربتها في المركز القومي للبحوث بالقاهرة وأثبتت نجاحها<sup>(٨)</sup> كما نعرض ايضا مجموعة من التصميمات للوحدات العائلية تتراوح احجامها بين ٣٠٢ - ٣٠٤ م٣ تلائم معدلات انتاج غاز ٢٠ - ٢٥ م٣/م٢ في اليوم، بحيث تغطي معظم الاحتياجات في المنطقة العربية.

ويتمثل الشكل ٢٠ رسما تفصيليا لوحدة عائلية بحجم اجمالي ٣٦٨ م٣ وحجم فعال ١٨٣ م٣ وتلائم المناطق التي يكون معدل انتاج الغاز فيها ٢٥ م٣/م٢ في اليوم. ونظرا لأن القاعدة مستوية فإنها لا تلائم المناطق التي يكون عمق المياه الجوفية أقل من ارتفاع الوحدة. وفي حالة ارتفاع مستوى سطح الماء فإنه يمكن استخدام النوع ذي القاعدة المقعرة كما في الشكل ٢١.

الشكل ١٦ - دليل خزان الغاز



الشكل ١٧ - وحدة انتاج غاز حيوي مطران هندي معدل

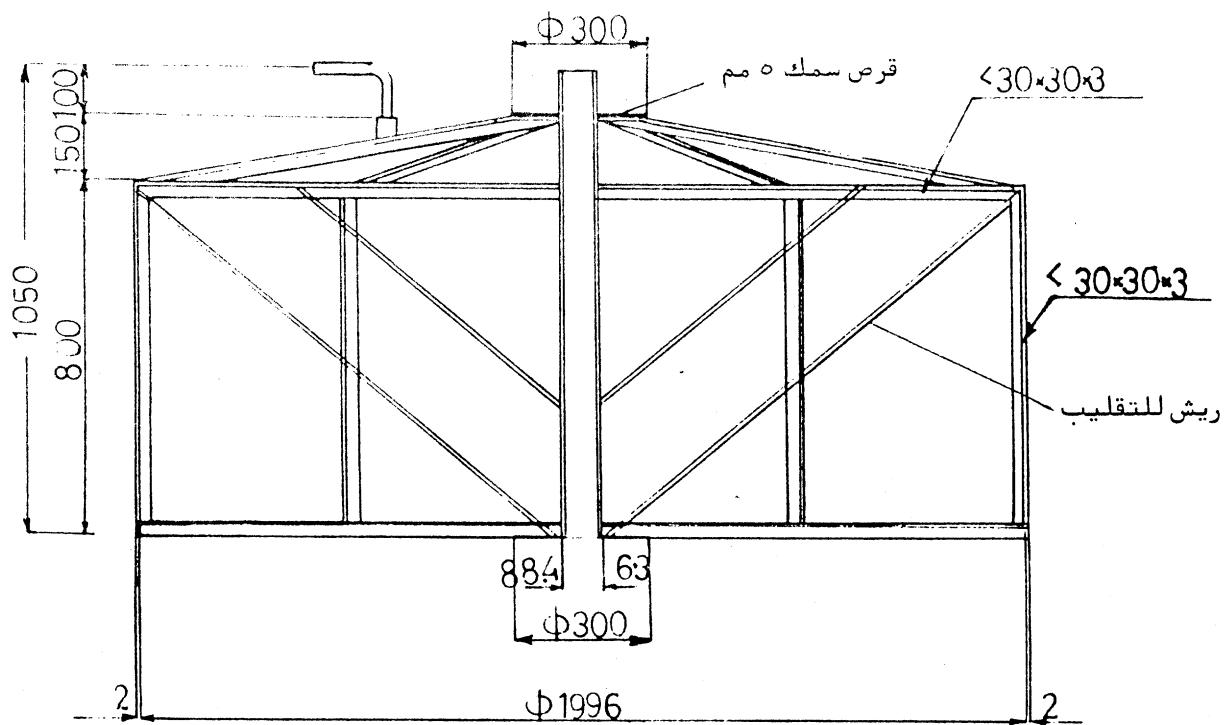


حجم الماء الماء الفعال = ٣١٢٠ م<sup>٣</sup>

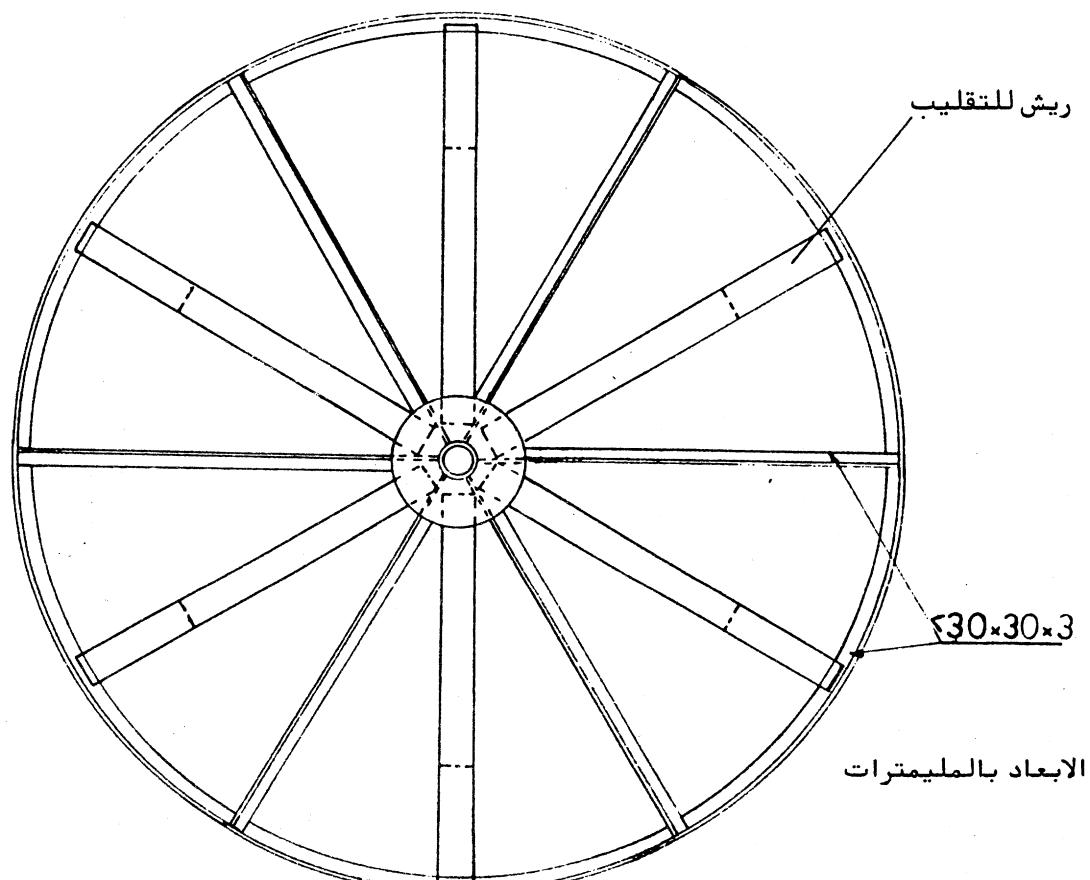
حجم خزان الغاز الفعال = ٣٢٢ م<sup>٣</sup>

معدل انتاج الغاز الملائم = ٣٠ م<sup>٣</sup>/٣ يوم

الشكل ١٨ - خزان الغاز للهاصم بقطر ١٠ رم

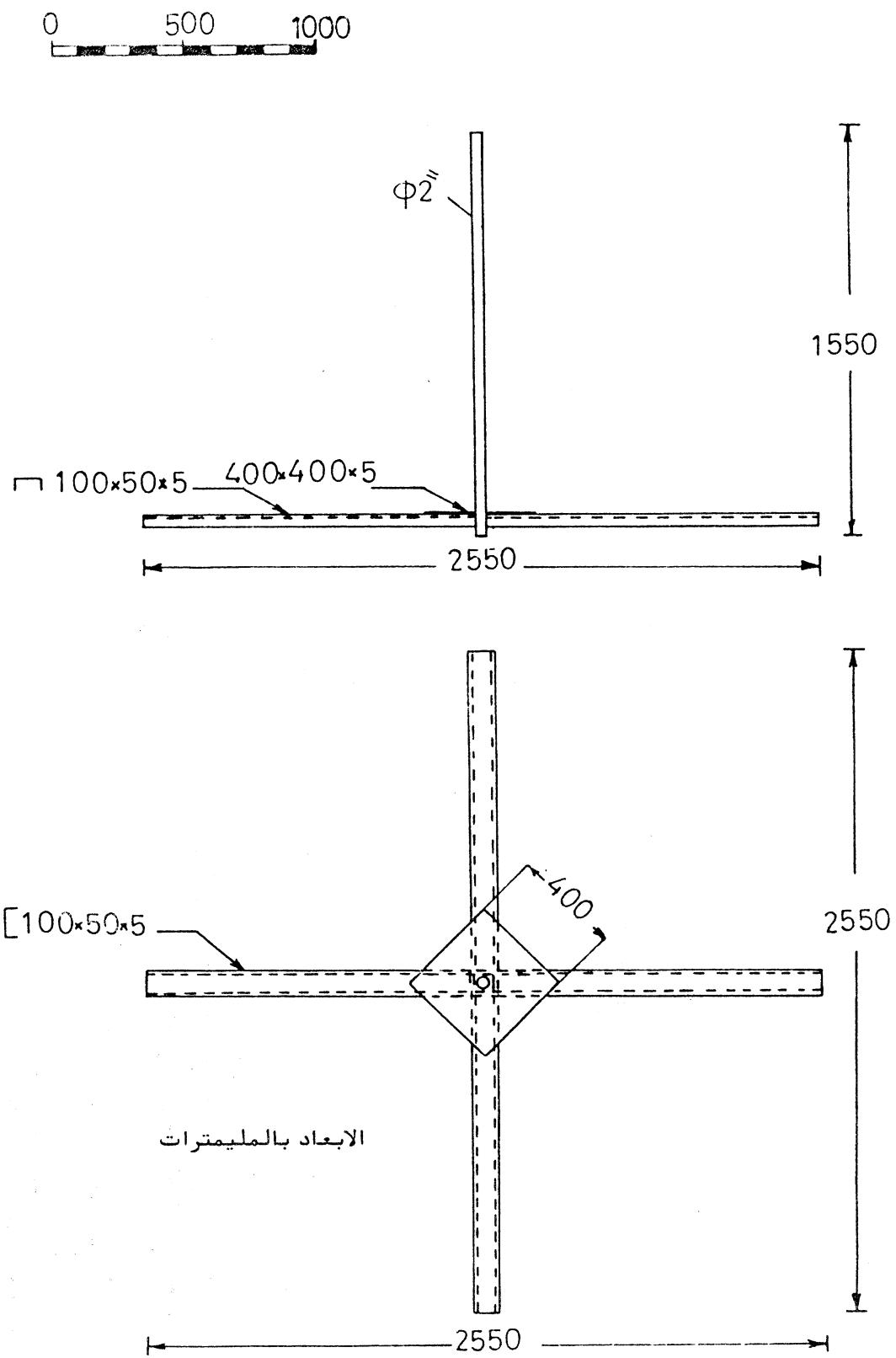


قطع رأسى

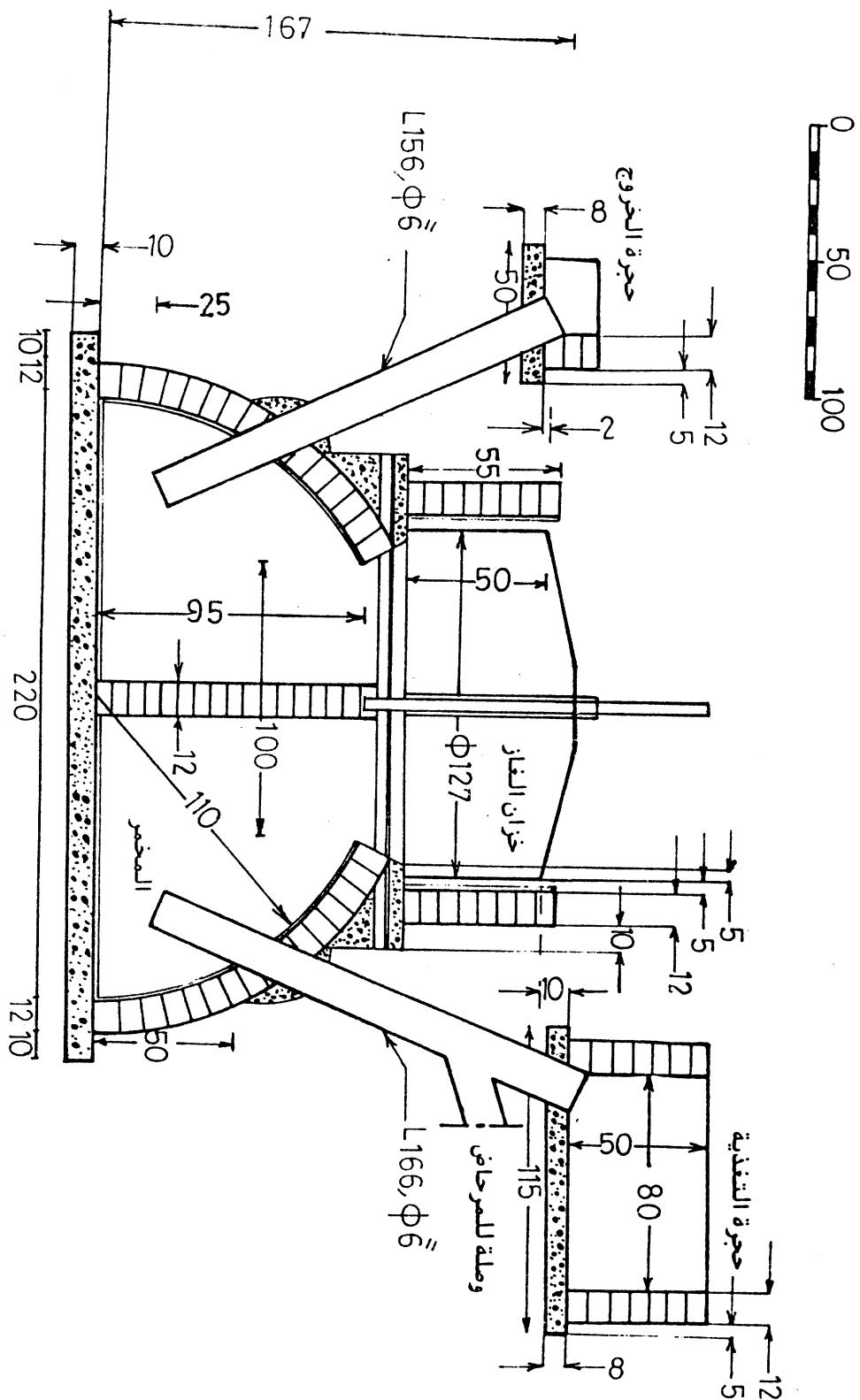


مسقط افقي للقاع

الشكل ١٩ - دليل لخزان الغاز بقطر ٢م



الشكل ٢٠ - وحدة انتاج غاز حيوي طراز بوردا معدل



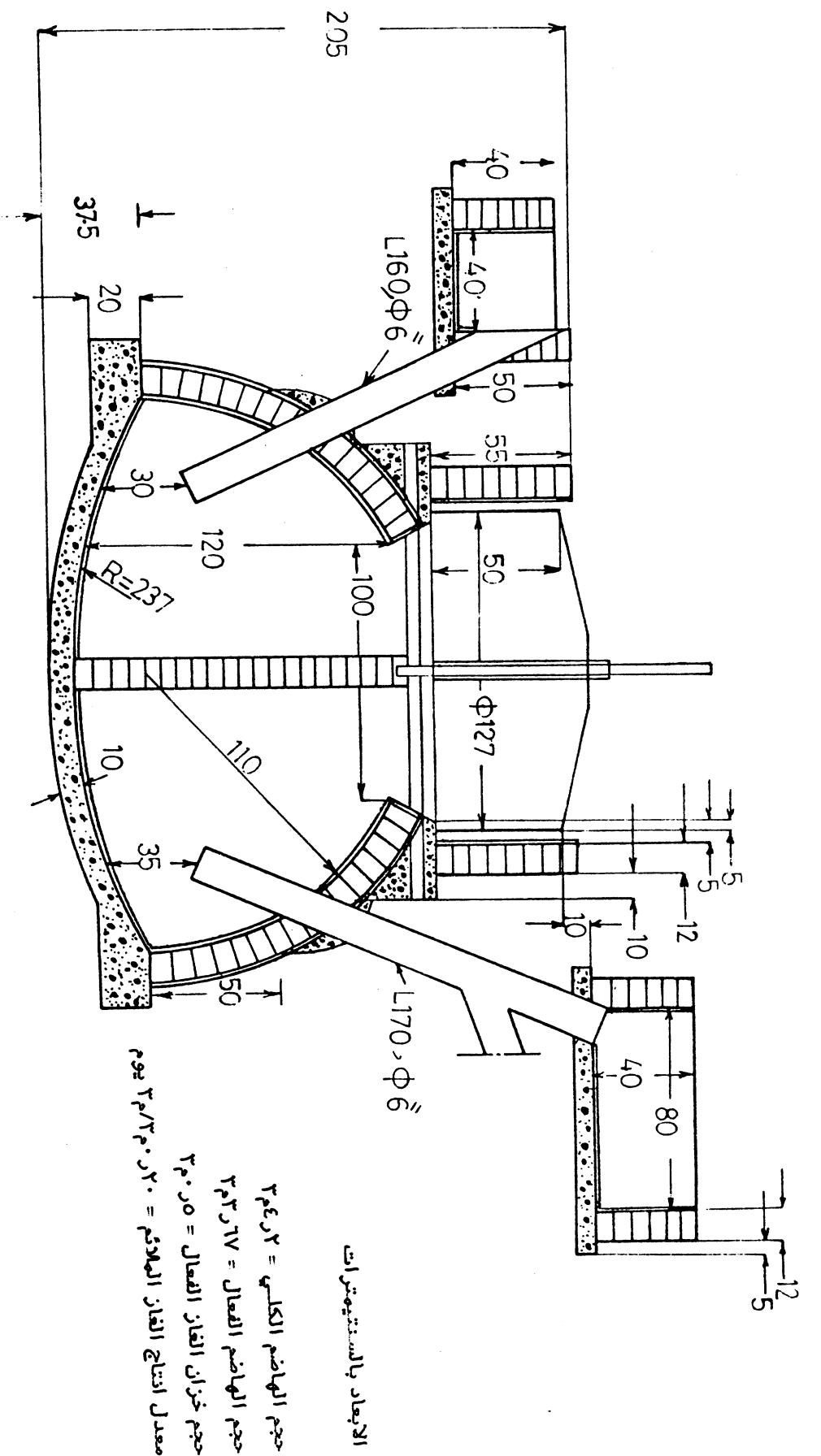
البعاد بالسميتيرات

حجم المهاضم الكلبي = ١٨ دم³  
حجم المهاضم الفعال = ١٨ دم³  
حجم خزان الغاز الفعال ٥ دم³  
معدل انتاج الغاز المدائم = ٥٠ دم³/٣٠ يوم

الشكل ٢١ - وحدة إنتاج غاز حبيبي طراز بوردا معدل

0 50 100

-٢٩-



والشكل ٢١ هو عبارة عن رسم تفصيلي لوحدة عائلية بحجم اجمالي  $20\text{m}^3$  وحجم فعل  $18\text{m}^3$  وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود  $2\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. وفي حالة الرغبة في استخدام الوحدة عند معدلات غاز اعلى من  $2\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم يمكن زيادة ارتفاع خزان الغاز وبذلك تزداد القدرة التخزينية للوحدة.

ويمثل الشكل ٢٢ مقطعاً في وحدة انتاج غاز حيوي بقاعدة مسطحة يعادل فيها حجم الهاضم الفعال  $11\text{m}^3$  وهي تلائم معدلات انتاج غاز  $25\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. والوحدة مزودة بخزان غاز قطره  $127\text{ mm}$  وارتفاعه  $60\text{ mm}$  وهو مشابه للخزان السابق المستخدم في الوحدات الهندية مع اختلاف الارتفاع فقط.

ويبيّن الشكل ٢٣ مقطعاً في وحدة انتاج غاز حيوي بقاعدة مقعرة. حجم الهاضم الفعال  $14\text{m}^3$  وهي تلائم معدلات انتاج غاز في حدود  $25\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. والوحدة مزودة بخزان غاز قطره  $127\text{ mm}$  وارتفاعه  $80\text{ mm}$  وهو نفس الخزان الذي ورد بالتفصيل في الهواضم الهندية. ويتمتع دليل الخزان بنفس المواصفات السابقة في الشكلين ١٠ و ١١.

ويوضح الشكل ٢٤ كيفية زيادة القدرة التخزينية للغاز ومن ثم الوصول بالتصميم الى معدلات انتاج غاز عالية، حيث تم تغيير قطر الخزان من  $127\text{ mm}$  الى  $165\text{ mm}$ . وتبعاً لذلك ارتفاع معدل انتاج الغاز الملائم الى  $40\text{ m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويعادل حجم الهاضم  $92\text{m}^3$ . وقد وردت تفاصيل خزان الغاز سابقاً في الهواضم الهندية (الاشكال ١٤ الى ١٦).

الشكل ٢٥ لوحدة حجمها الفعال حوالي  $8\text{m}^3$  وتلائم معدل انتاج غاز يعادل  $30\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويستخدم لها خزان قطره  $165\text{ mm}$  ودليله كما ورد مسبقاً في الاشكال (١٤-١٦).

الشكل ٢٦ لوحدة حجمها الفعال حوالي  $7\text{m}^3$  وتلائم معدلات انتاج الغاز المنخفضة في حدود  $20\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويستخدم لها خزان غاز قطره  $127\text{ mm}$  ودليله كما هو موضح في الشكلين (١٠ و ١١).

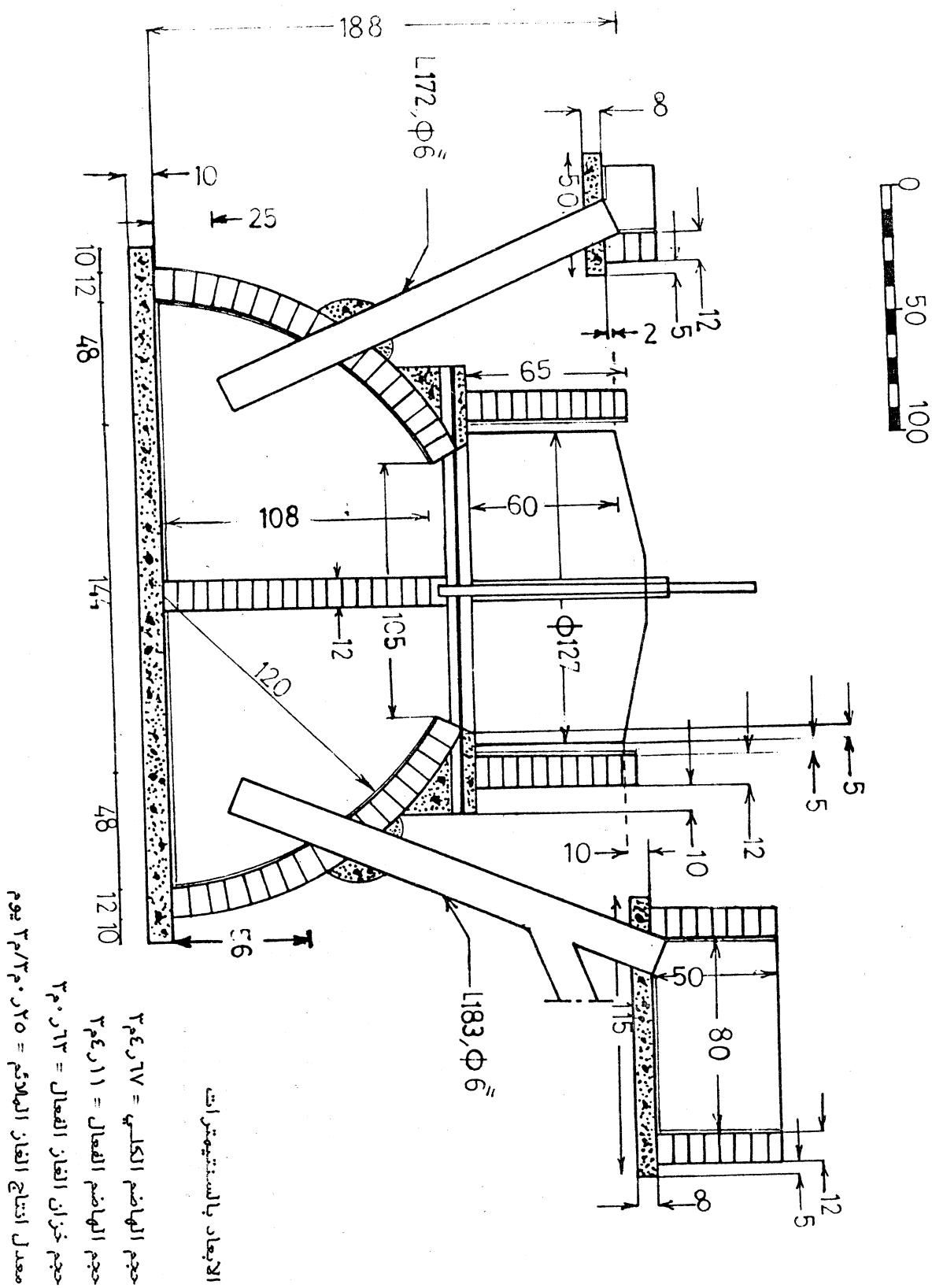
الشكل ٢٧ لوحدة حجمها الفعال حوالي  $38\text{m}^3$ <sup>(٦)</sup> وتلائم معدلات انتاج غاز حوالي  $30\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويستخدم لها خزان قطره  $165\text{ mm}$  ودليله الاشكال (١٤-١٦).

الشكل ٢٨ لوحدة حجمها الفعال حوالي  $95\text{m}^3$  وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود  $30\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويستخدم لها خزان غاز قطره  $165\text{ mm}$  الشكلين (١٤-١٦).

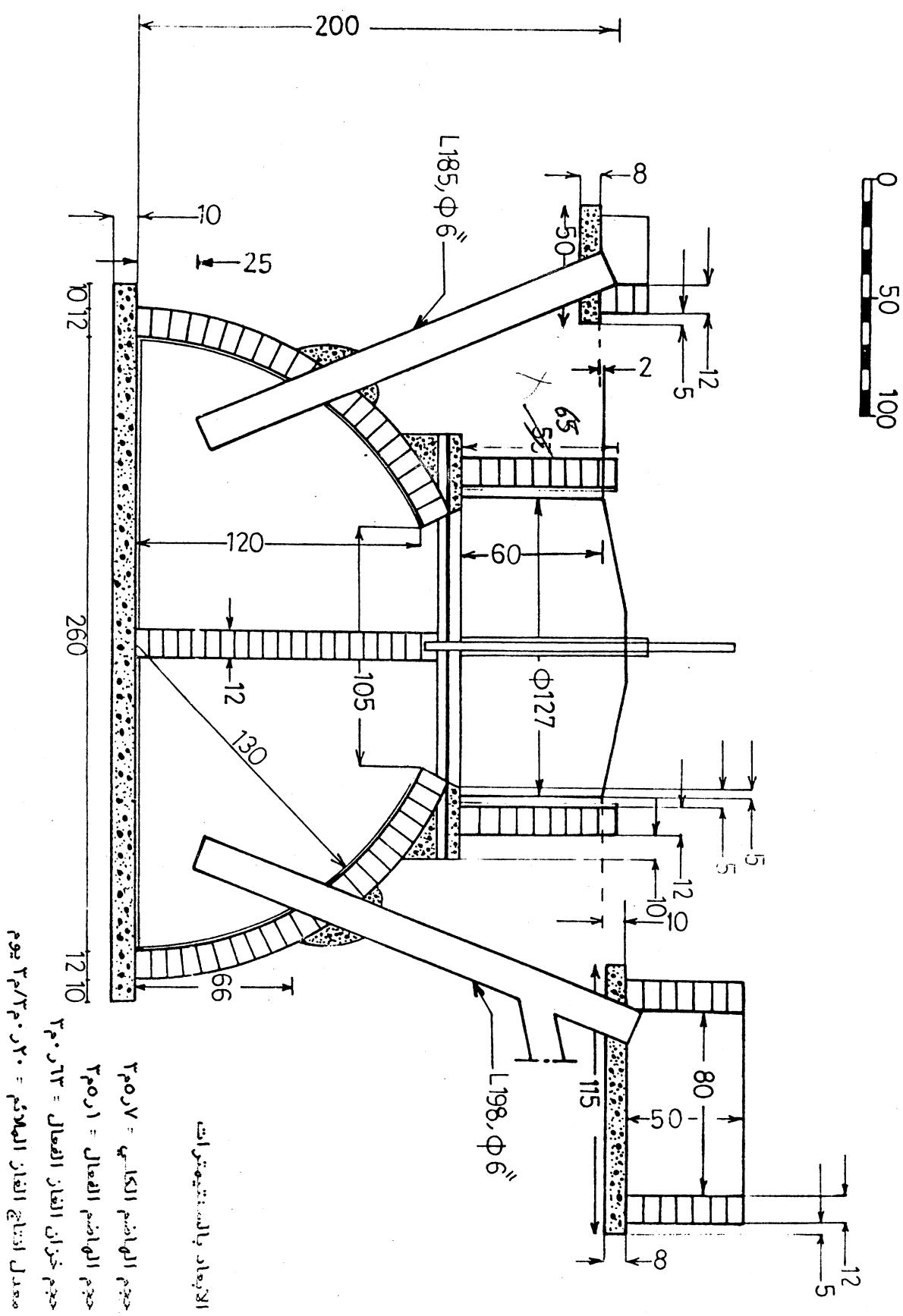
الشكل ٢٩ لوحدة حجمها الفعال  $88\text{m}^3$  وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود  $40\text{ m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويستخدم لها خزان غاز قطره  $200\text{ mm}$  الشكلين (١٨ و ١٩).

الشكل ٣٠ لوحدة حجمها الفعال حوالي  $98\text{m}^3$  وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود  $25\text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. ويستخدم لها خزان غاز قطره  $165\text{ mm}$  الاشكال (١٤-١٦).

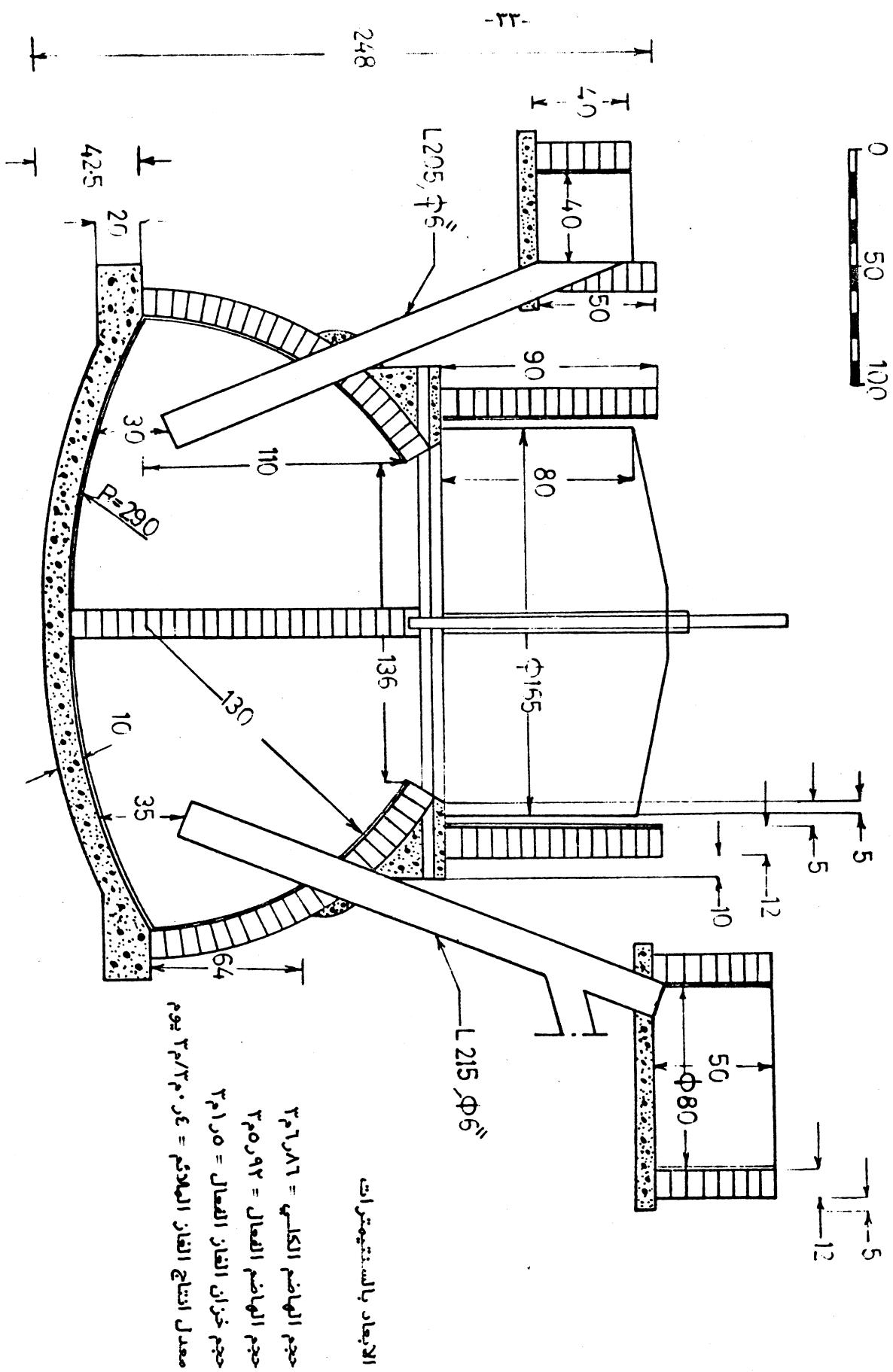
الشكل ٢٢ - وحدة انتاج غاز حيواني طرائق بوردا معدل



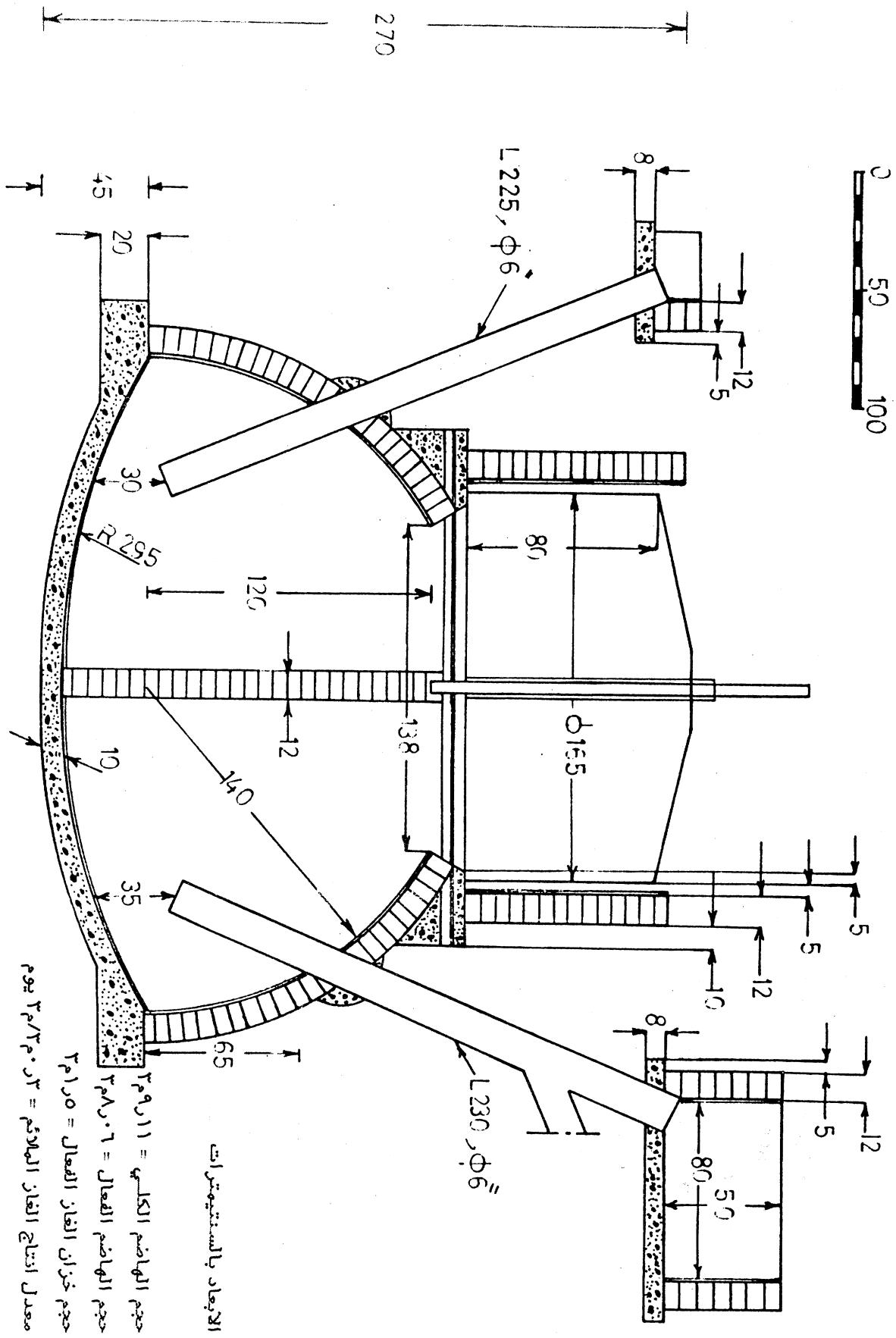
الشكل ٣٣ - وحدة انتاج غاز حيوي طراز بوردا معدل



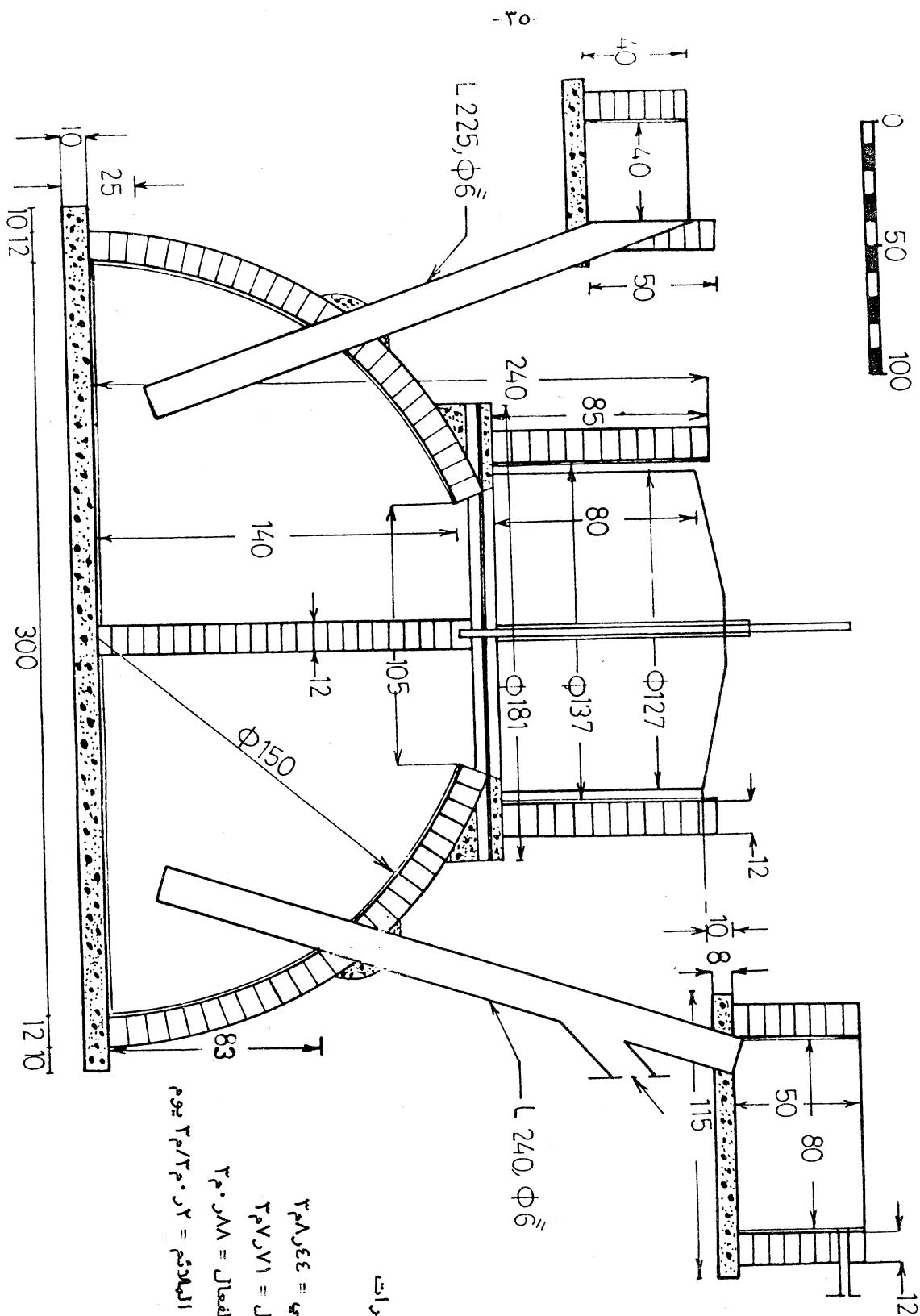
الشكل ٢٤ - وحدة انتاج غاز حبيوي طراز بوردا معدل



الشكل ٢٥ - وحدة انتاج غذاء حيواني طرانت بوردا معدل



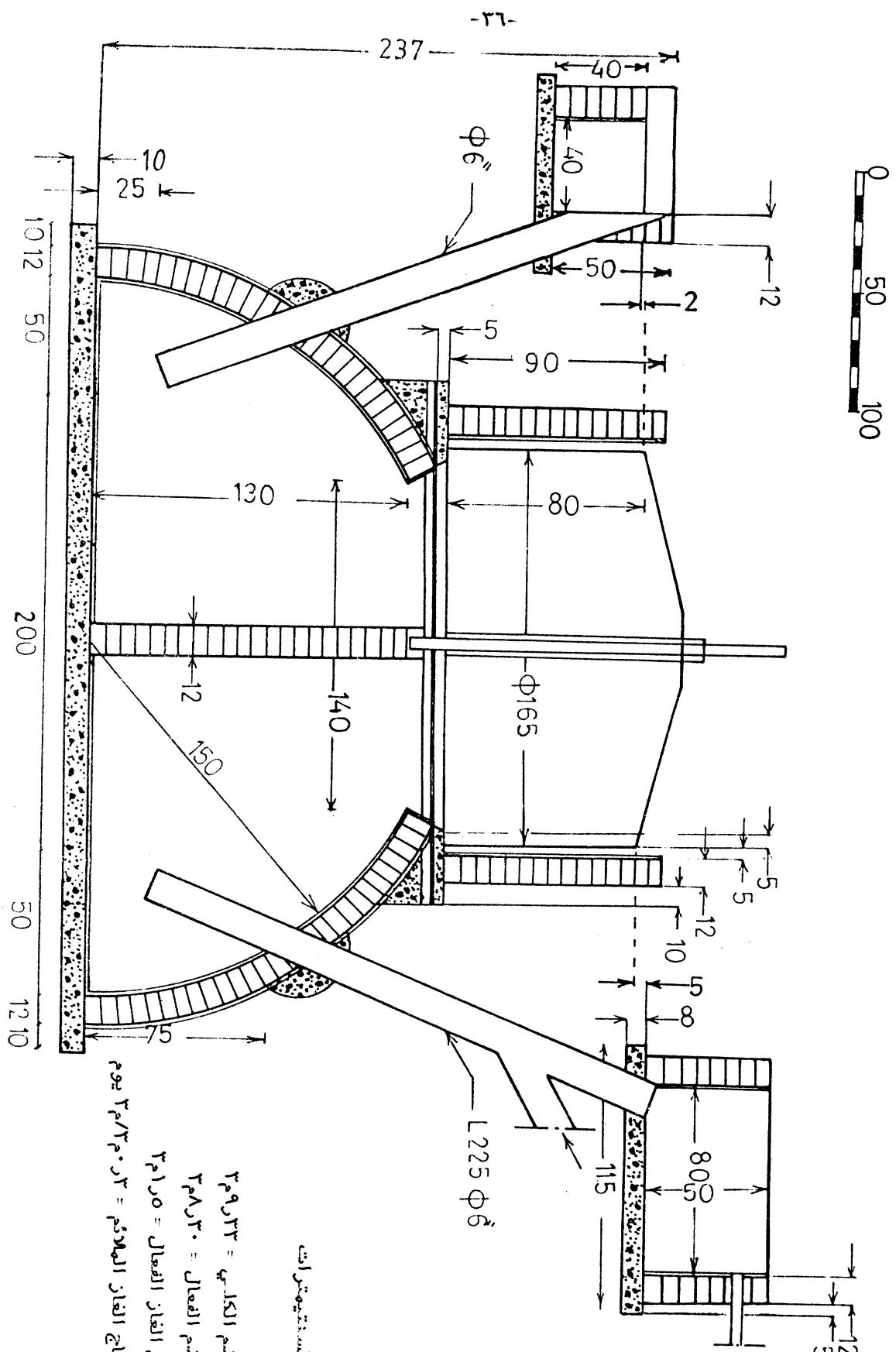
الشكل ٣٦ - وحدة انتاج غاز حيوى طرائز بوردا معدل



البعاد بالسنتيمتر

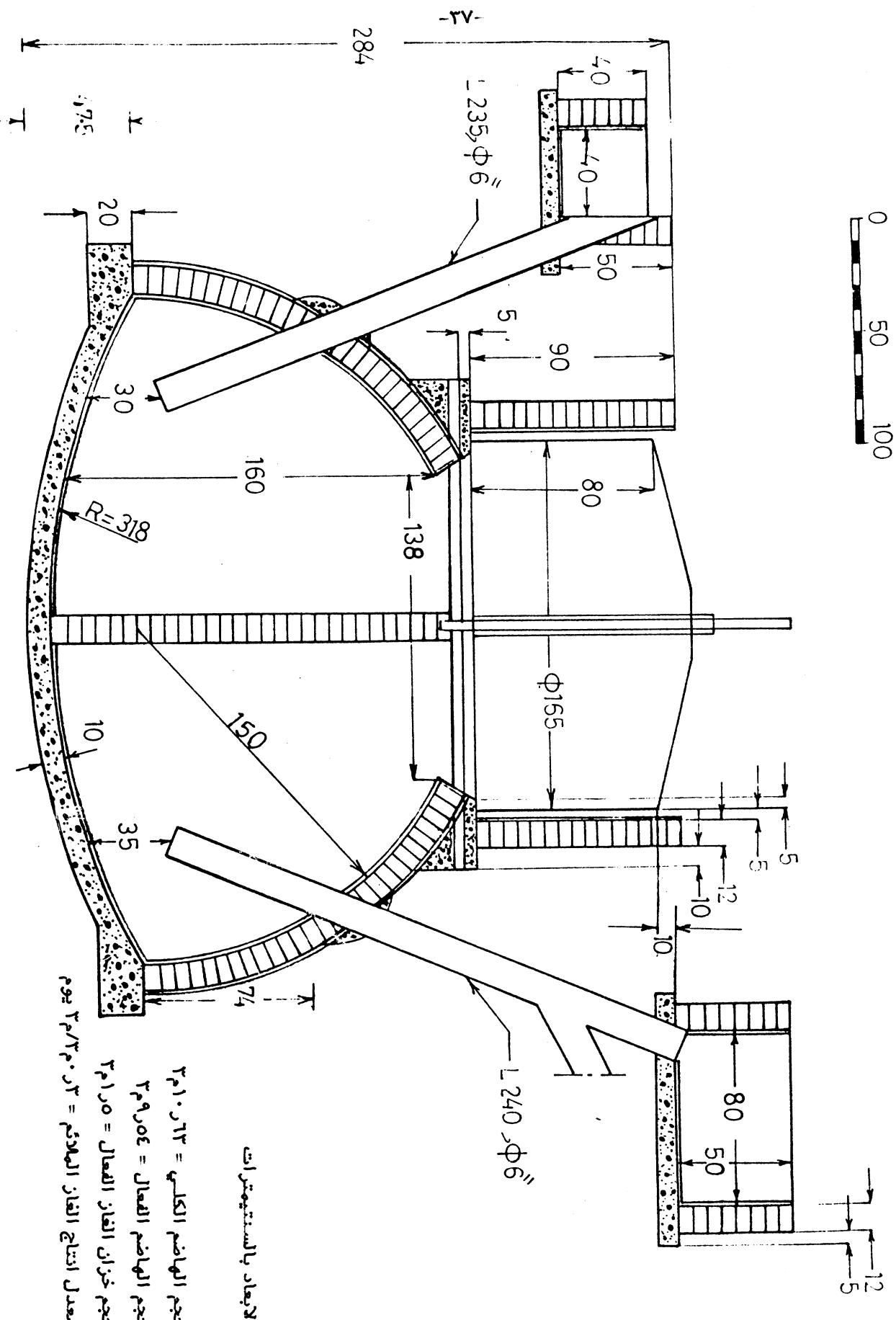
ججم الهاضم الكلبي = ٣٤٤ ر٨٣  
 ججم الهاضم العمال = ١٧٣ ر٧٣  
 معدل انتاج الغاز الملائم = ٢٠٠

الشكل ٢٧ - وحدة انتاج غاز حيواني طر از بوردا معدل



ابن البارد بالرسالة

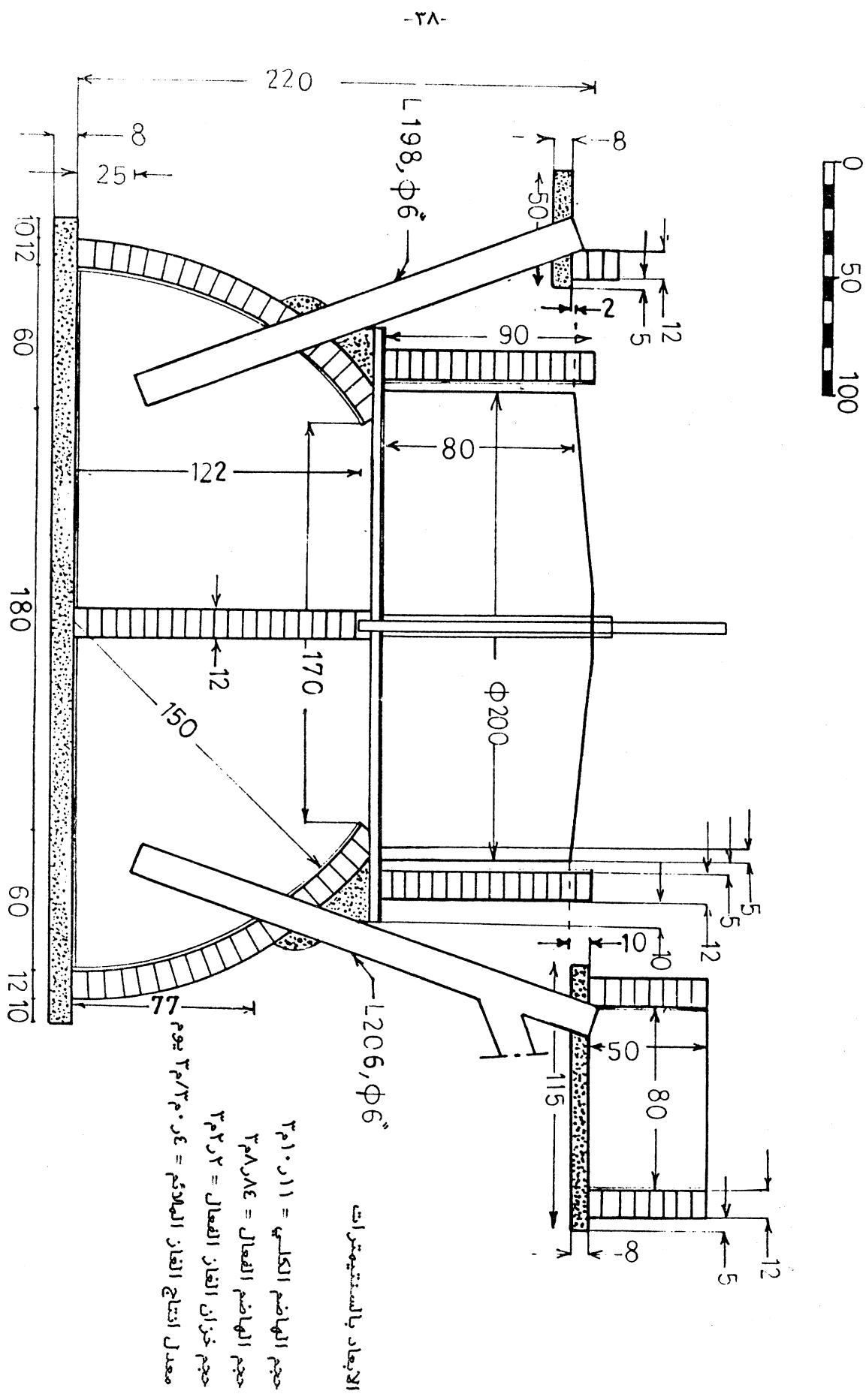
الشكل ٢٨ - وحدة انتاج غاز حبيوي طراز بوردا معدل



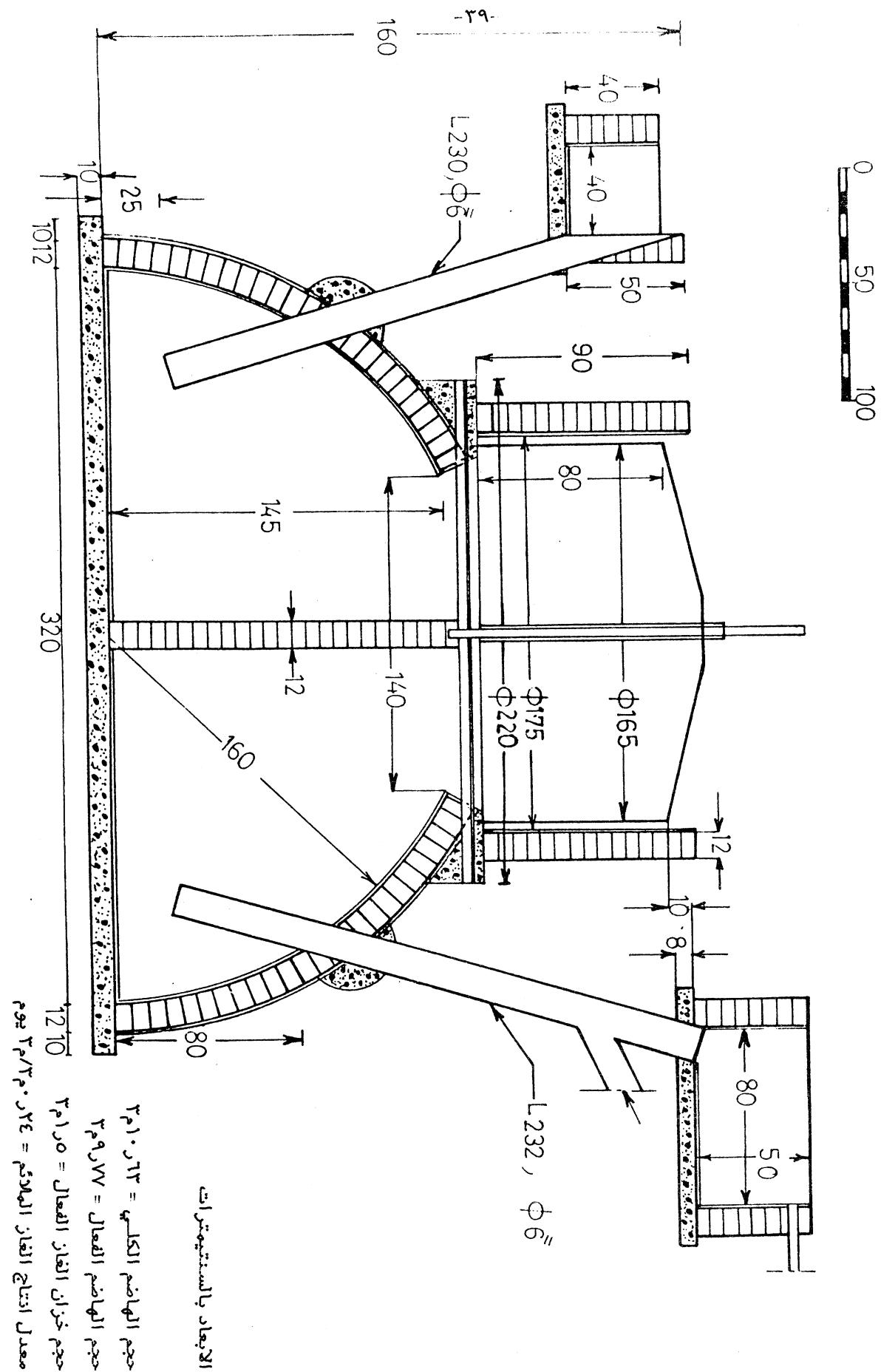
البعاد بالرسوب تيمور ات

حجم الهاضم الكلبي =  $13 \times 100$   
 حجم الهاضم الفعال =  $300 \times 3$   
 حجم خزان الغاز المعال =  $50 \text{ رم}^3$   
 معدل انتاج الغاز البالوني =  $30 \text{ رم}^3/\text{رم}^3$

الشكل ٢٩ - وحدة انتاج غاز جبوي طراز بوردا معدل



الشكل ٣٠ - وحدة انتاج غاز حسوي طراز بوردا معدل



والشكل ٣١ لوحدة حجمها الفعال حوالي ٤٠ م<sup>٣</sup> وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود ٢٥ ر.م/م<sup>٣</sup> في اليوم. ويستخدم لها خزان قطره ٢٠٠ سم الشكلين (١٨ و ١٩).

والشكل ٣٢ لوحدة حجمها الفعال حوالي ١١٥ م<sup>٣</sup> وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود ٢٠ م<sup>٣</sup>/م<sup>٣</sup> في اليوم. ويستخدم لها خزان قطره ١٦٥ سم الاشكال من (١٤ الى ١٦).

والشكل ٣٣ لوحدة حجمها الفعال حوالي ١٣٥ م<sup>٣</sup> وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود ٢٥ ر.م/م<sup>٣</sup> في اليوم. ويستخدم لها خزان غاز قطره ٢٠٠ سم الشكلين (١٨ و ١٩).

والشكل ٣٤ لوحدة حجمها الفعال حوالي ١٤ م<sup>٣</sup> وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود ٢٥ ر.م/م<sup>٣</sup> في اليوم. ويستخدم لها خزان غاز قطره ٢٠٠ سم الشكلين (١٨ و ١٩).

والشكل ٣٥ لوحدة حجمها الفعال حوالي ١٦٢ م<sup>٣</sup> وتلائم معدلات انتاج غاز في حدود ٢٠ م<sup>٣</sup>/م<sup>٣</sup> في اليوم. ويستخدم لها خزان قطره ٢٠٠ سم الشكلين (١٨ و ١٩).

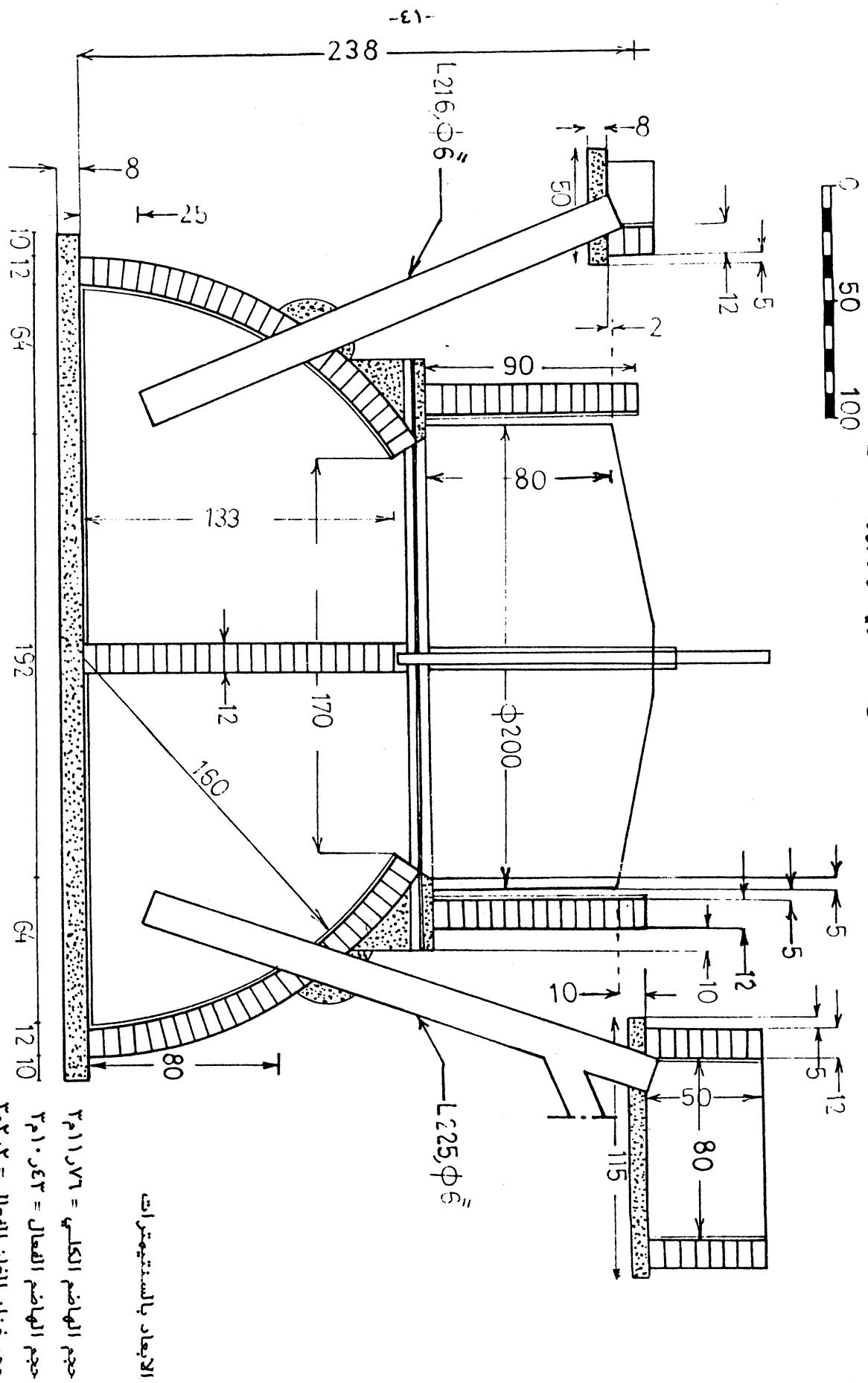
## ٣-٦ الهاضم الصيني - المصري

يشكل التصميم المقترن تطويرا للهاضم الصيني الذي يبني على شكل اسطواني بقاعدة مقوسة وسقف على شكل قبة. وهذا الهاضم عبارة عن نصف كرة من الطوب الجيد والقاعدة خرسانية مقوسة الشكل أو مخروطية أو مستوية. ويتم دك الارتبة أو الرمال حول الهاضم وأعلاه لحمايته من الضغط الداخلي. ويزود الهاضم بمسورة للتغذية تسمح بمرور الروث الذي يتم خلطه في حجرة التغذية ويتم وصل ماسورة الخروج بحجرة الخروج التي تعمل مع الجزء العلوي من الهاضم كخزان غاز. ويتوسط الجزء الكروي من أعلى غطاء خرساني مسلح يسمح بالدخول لاغراض الصيانة كما يثبتت به عادة ماسورة خروج الغاز. ويملا الجزء السفلي من الهاضم بالمحلول ويعمل كمنطقة «هضم». أما الجزء العلوي من الهاضم فيعمل كخزان غاز. وعند تجمع الغاز في المنطقة العلوية يرتفع الضغط مسببا ازاحة لسائل من الهاضم الى حجرة الخروج. وعند سحب الغار ينخفض الضغط داخل الهاضم ويتم تبعا لذلك دخول كمية من السائل من حجرة الدخول الى الهاضم. حجرتا الدخول والخروج متلاقيتان مما يسهل تسخينهما بالطاقة الشمسية ويسمح باستخدام محلول المهضوم في تخفيف مواد التغذية اليومية في حالة نقص المياه.

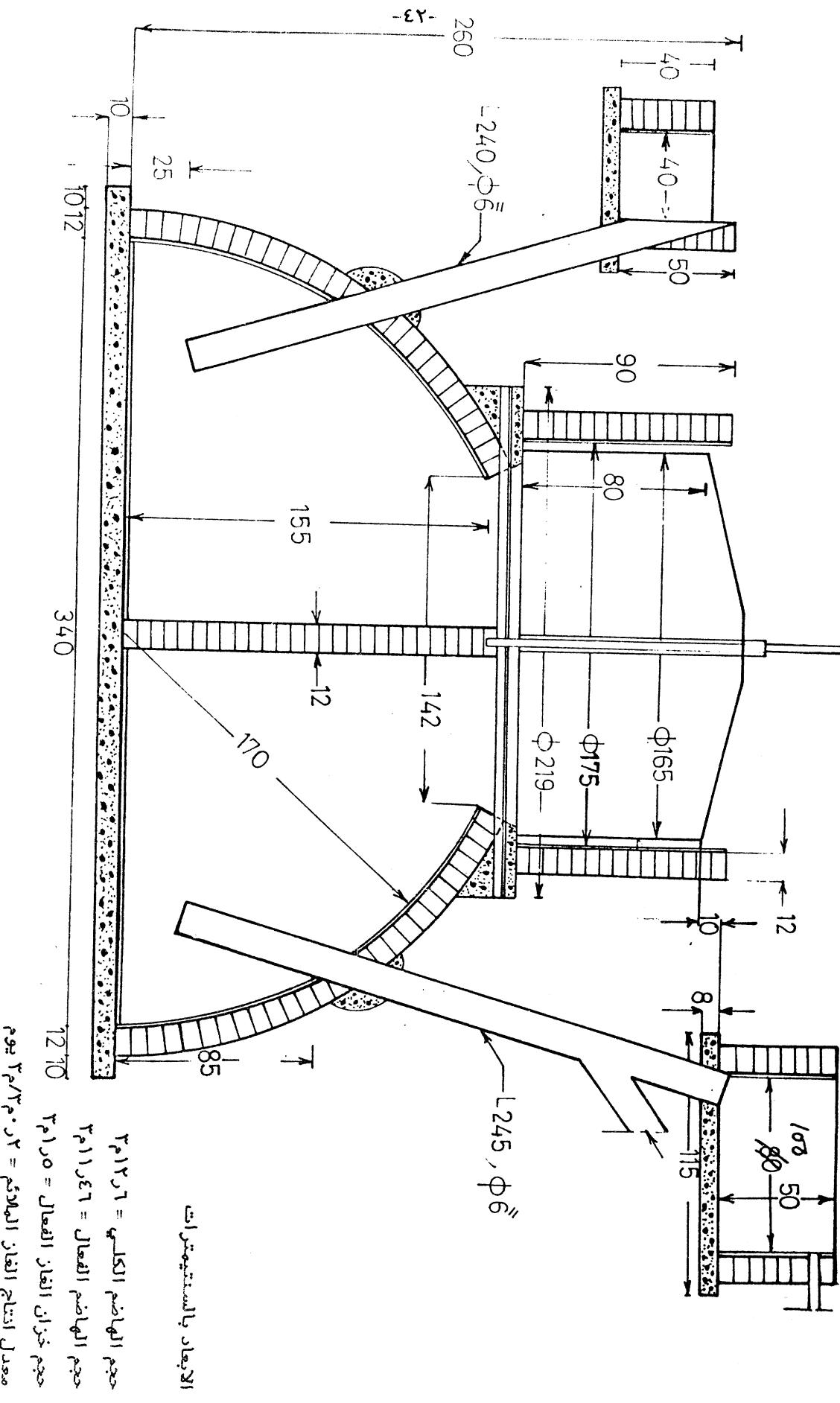
وتتميز الوحدة بالميزايات التالية:

- تحتاج لاعمق أقل من التصميم الصيني وبذلك فهي أكثر ملاءمة للارض التي يصعب الحفر فيها أو في حالة وجود ارتفاع منسوب المياه السطحية.
- سهولة الانشاء وقلة التكاليف الازمة.
- ارتفاع معدلات انتاج الغاز.
- زيادة امكانيات تخزين الغاز من المحافظة على ان يكون فقد الغاز في أدنى مستوى ممكن.
- ينساب محلول المهضوم تلقائيا تحت تأثير ضغط الغاز مما يوفر العمالة والجهد اللازم لذلك.
- وجود الحاجز الاوسط يحسن السريان داخل الهاضم ومن ثم يرفع الانتاجية.

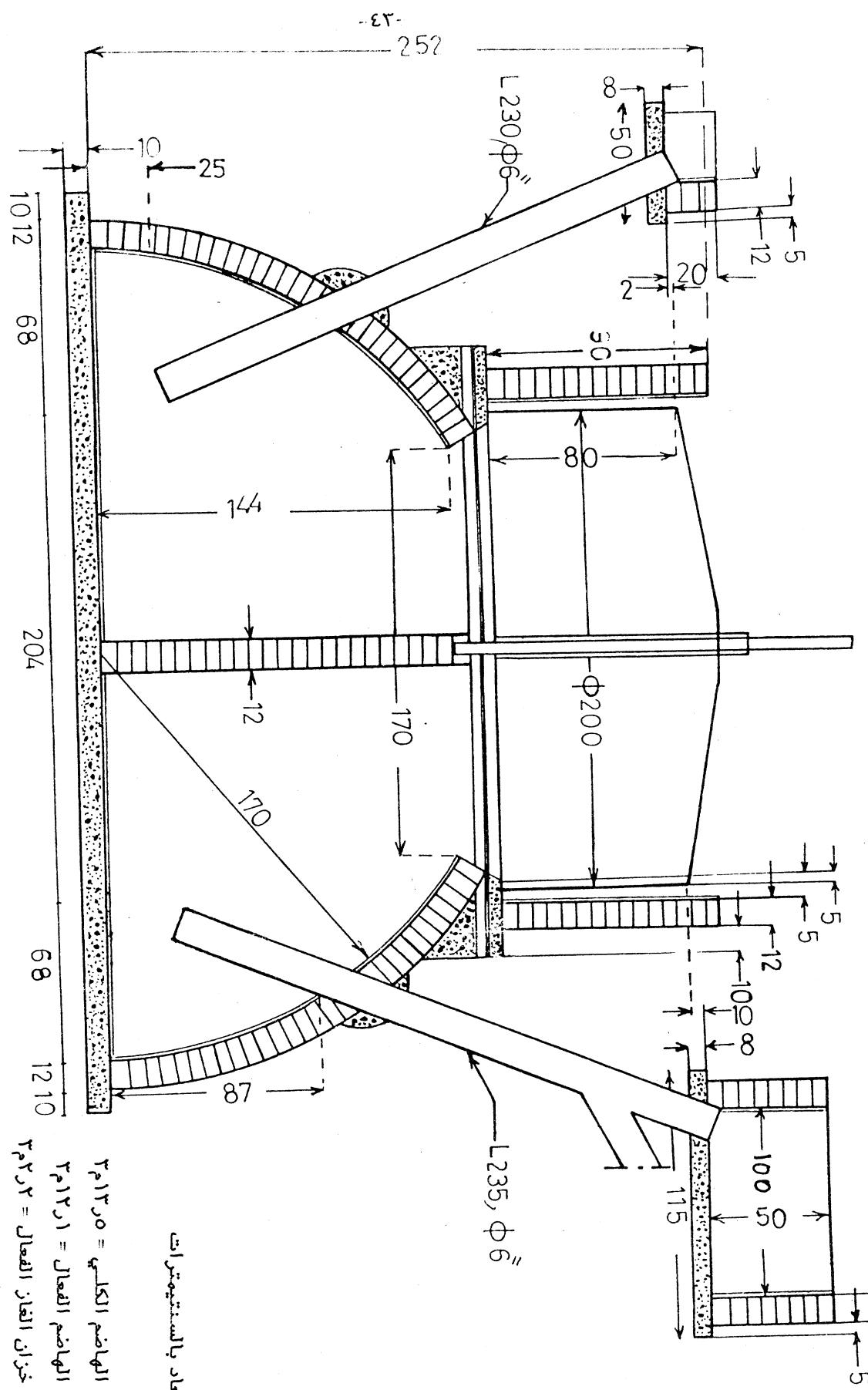
الشكل ٣ - وحدة انتاج غاز حيوى طر از بوردا معدل



الشكل ٣٢ - وحدة انتاج غاز حيواني طرزاً بورداً معدل



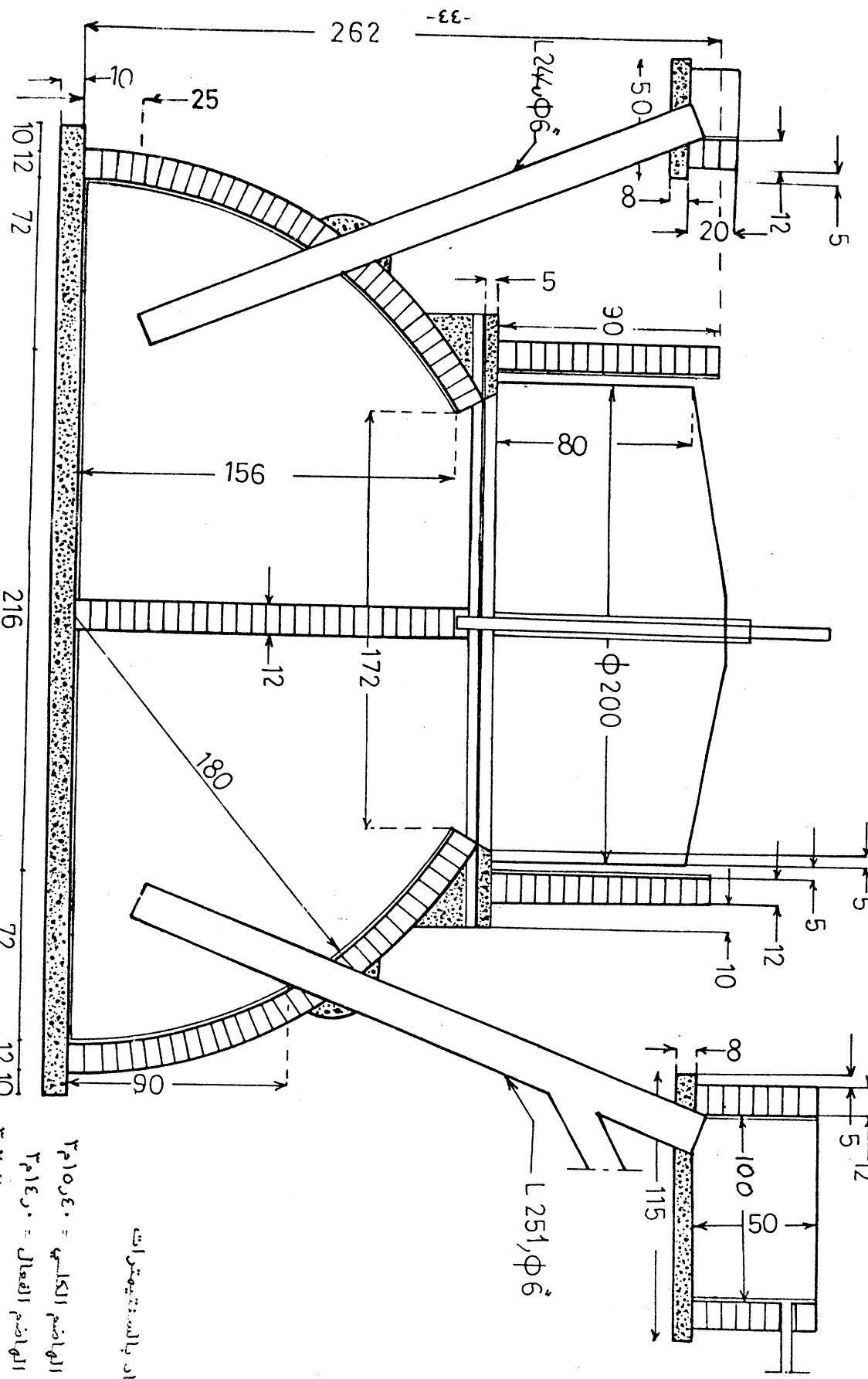
الشكل ٣٣ - وحدة انتاج غاز جوي طر از بوردا معدل



ایت پیر ہبیل بالمراد

معدل انتاج الغاز الملايم	=	$320 \text{ م}^3/\text{يوم}$
حجم خزان الغاز المعال	=	$123 \text{ م}^3$
حجم الماءض المكلي	=	$35 \text{ م}^3$

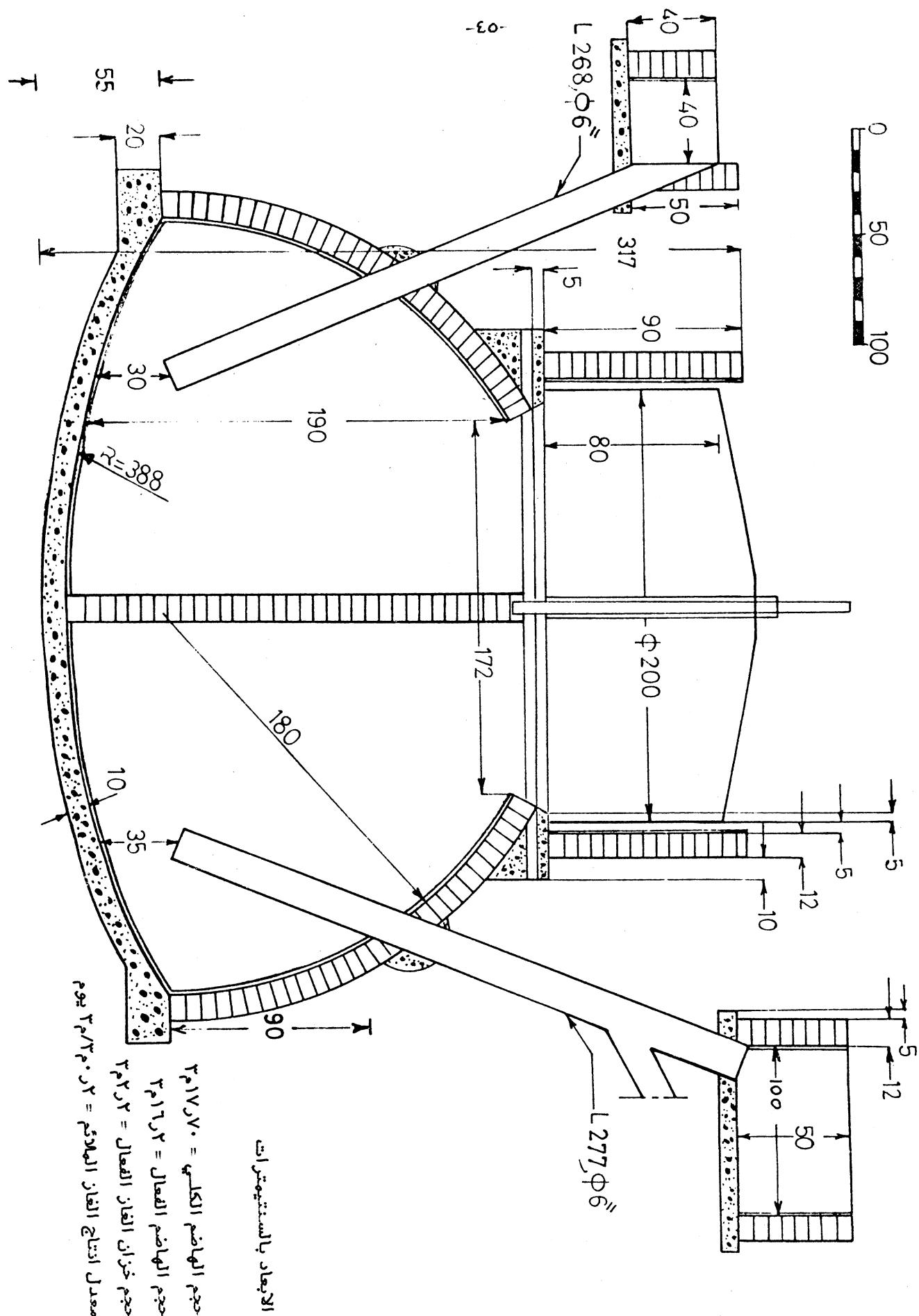
الشكل ٣٤ - وحدة انتاج غاز حيواني متر از بوردا معدل



الإمام في العصر الحديث

حجم الماء في الكسي =  $0.45 \text{ م}^3$   
 حجم الماء في الصحن =  $0.4 \text{ م}^3$   
 حجم خزان الغاز المعدال =  $0.4 \text{ م}^3$   
 مدخل انتاج الغاز المدائم =  $0.25 \text{ م}^3/\text{يوم}$

الشكل ٣٥ - وحدة انتاج غاز حيوي طراز بوردا معدل



البعاد بالسنتيمترات

**حجم المهاجم الكلبي =**  $2R^2 \pi h$

ونعرض هنا بعض التصميمات للوحدات العائلية بأحجام مختلفة تلائم الظروف المختلفة من ناحية درجة حرارة الهضم ومستوى المياه السطحية<sup>(٨)</sup>.

ويبيّن الشكل ٣٦ وحدة انتاج غاز حيوي بحجم كلي ٦٢ م<sup>٣</sup> وحجم فعال حوالي ٣ م<sup>٣</sup>. وللتوضيح نذكر

التعريفات التالية:

الحجم الكلي: هو حجم الهاضم بأكمله.

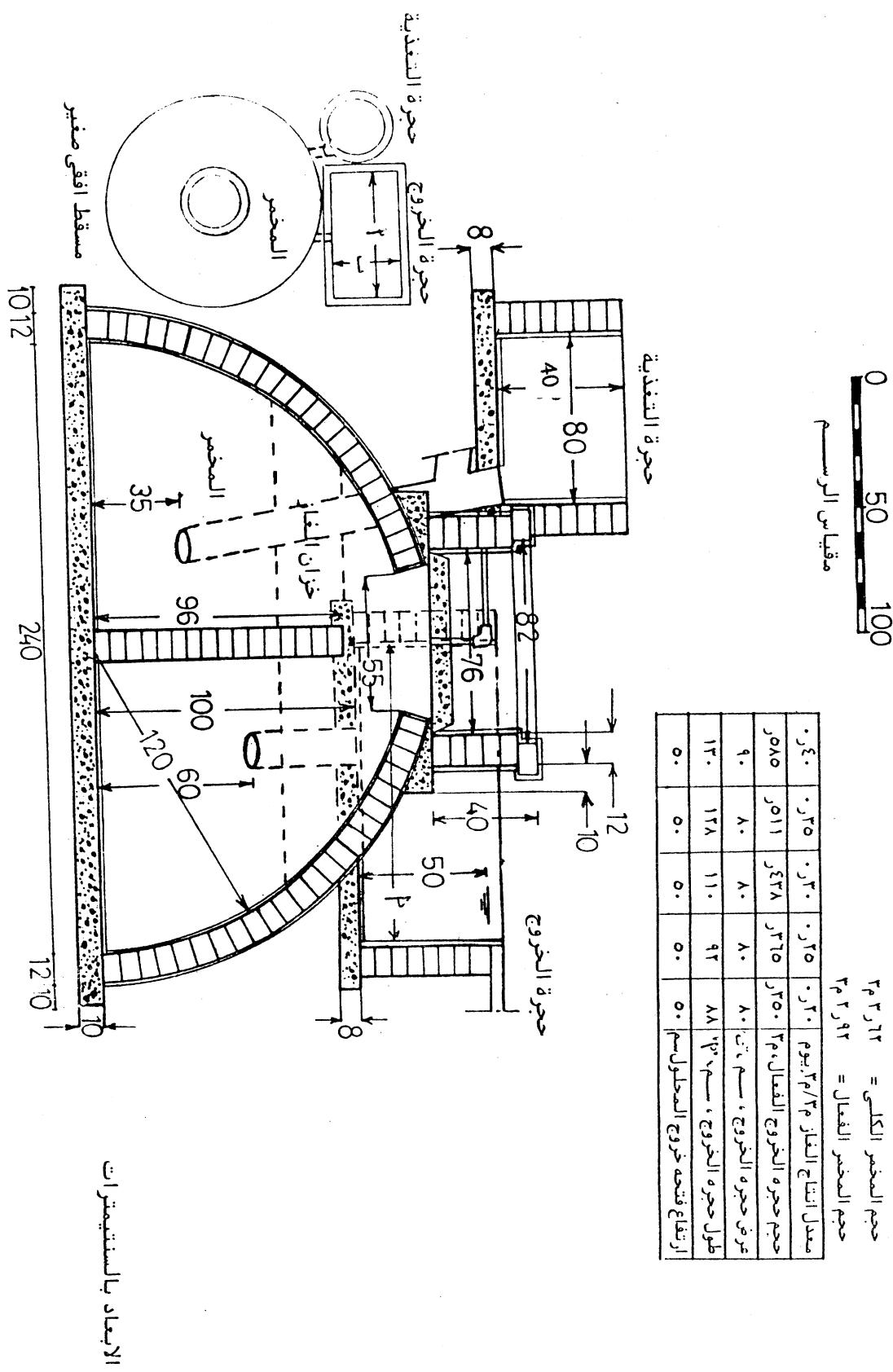
الحجم الفعال: هو الحجم الذي يكون مشغولاً بال محلول معظم الوقت ويساهم في انتاج الغاز.

تلائم الوحدة المناطق التي لا يرتفع فيها مستوى المياه السطحية. وهي تتكون من حجرة التغذية التي يوجد بها قلاب يدوي لتقليل المخلفات وبواحة لغلق ماسورة الدخول حتى تتم عملية التقليل وماسورة الدخول وثمة فتحة لتوسيعها الى المرحاض. والهاضم عبارة عن قاعدة خرسانية مستوية ومبني من الطوب الجيد على شكل نصف كرة ويوجد في الجزء العلوي فتحة لدخول الهاضم وقت الحاجة. ويمتلئ الجزء السفلي من الهاضم بالمحلول طوال الوقت. بينما يعمل الجزء العلوي كخزان غاز. ويزود الهاضم ب حاجز ناقص لتنظيم سريان المحلول، ارتفاعه موضح في الرسم ويقل عرض الهاضم ٥٠ سم عن القطر حتى يكون مساراً لدوران المحلول من الجزء الأول الى الجزء الثاني. وتثبت مواسير الدخول والخروج على حافة الجدران دون أي بروز داخلي وعلى ارتفاعات محددة كما هو موضح في الرسم. اما ماسورة الخروج فتشتبه على ارتفاع أعلى من ماسورة الدخول حيث تعمل كصماماً آمان. وفي حالة زيادة الضغط تفتح تلقائياً وتسقط بخروج الغاز وبذلك تحافظ على الهاضم من الآثار الضارة في حالة ازدياد الضغط اكثر من المدى المسموح به. وتتصل ماسورة الخروج بحجرة الخروج. وحجرة الخروج مصممة لمعدلات انتاج غاز مختلفة في حدود ٢٠ - ٤٠ م<sup>٣</sup>/م في اليوم، ويغير حجمها تبعاً للتغير بمعدلات انتاج الغاز المتوقعة والتي يمكن تقديرها بعد معرفة درجة الحرارة في المنطقة. ويوضح الجدول المرفق ابعاد الحجرة. وقد روّعي فيها ان تكون مستطيلة لتقليل المساحة المستخدمة من الارض في عمليات البناء، إذ يسمح حجمها بتخزين حجم يعادل ٥٠ في المائة من حجم الانتاج اليومي من الغاز. وتبنى الوحدة تحت سطح الارض ويجب ان يكون مستوى فتحة خروج المحلول من حجرة الخروج أعلى من سطح الارض بحوالي ١٠ - ٢٠ سم لتسقط بخروج المحلول فوق سطح الأرض حتى يجف هوائياً أو يخزن في حوض أو يستخدم في عمل مكمورة كسماد عضوي. وتتجذر الاشارة الى أهمية تغطية السطح الداخلي بمحاراة خاصة كما سيوضح في انشاء الهاضم. كما ان السطح الخارجي للهاضم مغطى بطبقة خفيفة من مونة البناء للتقوية.

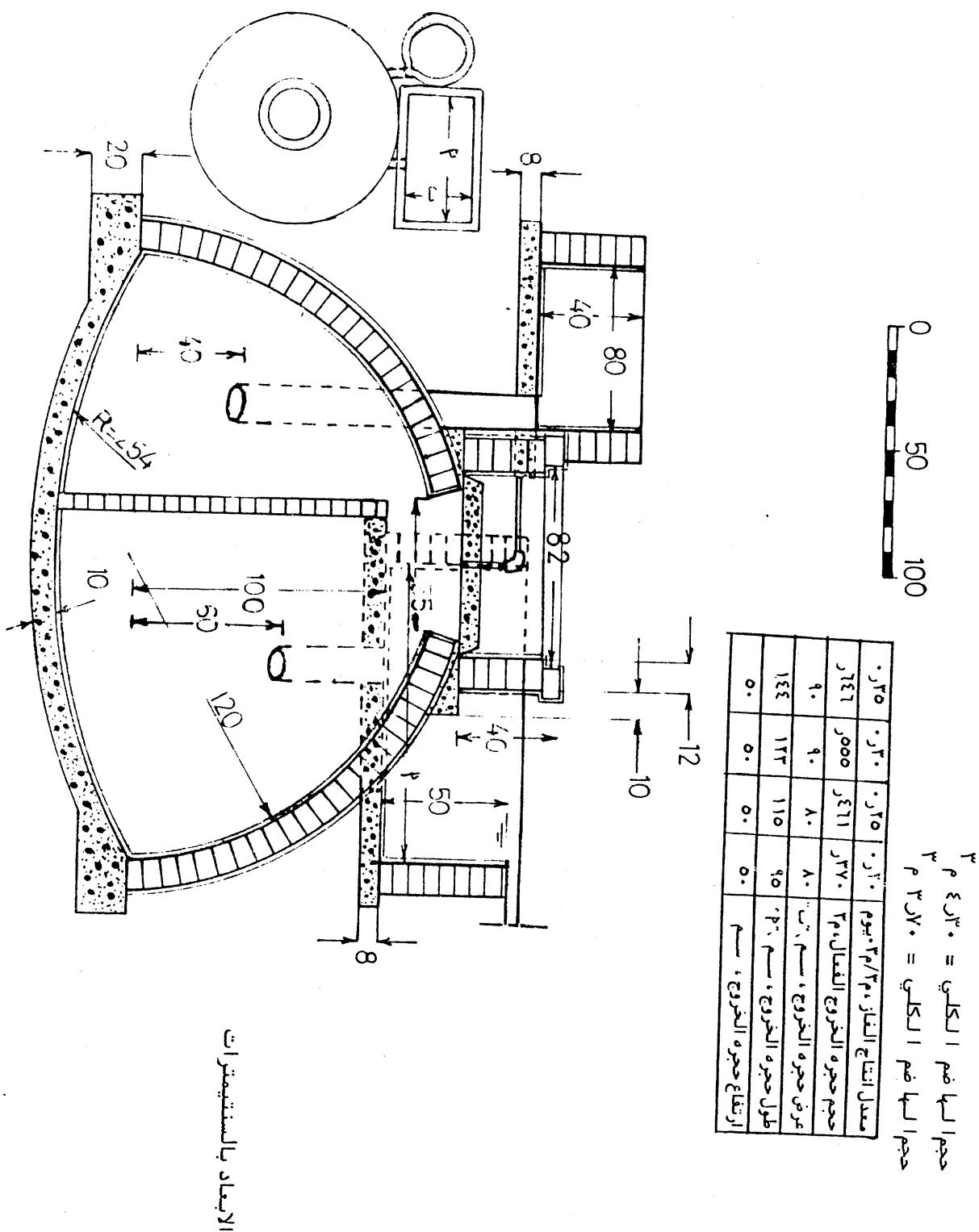
والشكل ٣٧ لوحدة حجمها الفعال ٧٣ م<sup>٣</sup> ولها قاعدة مقعرة وعلى ذلك فهي تلائم المناطق التي يكون سطح المياه الأرضية فيها مرتفعاً ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق لمعدلات انتاج غاز تترواح بين ٢٠ - ٣٥ م<sup>٣</sup>/م في اليوم. وتتجذر الاشارة الى ان موقع الجدار الأوسط قد تم تحريكه في اتجاه منطقة التغذية حتى لا يكون عائقاً عند الدخول أو الخروج من الهاضم.

**الشكل ٣٦** - وحدة انتاج غاز حيوي طراز صيني - مصرية

- 5 V -



الشكل ٣٧- وحدة انتاج عاز حيوي طراز صيني - مصرى



والشكل ٣٨ لوحدة حجمها الفعال  $3\text{m}^3$  ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق لمعدلات انتاج غاز تتراوح بين  $2\text{r}^0 - 4\text{r}^0 \text{m}^3/\text{م}$  في اليوم. وهي تلائم المناطق الجافة.

والشكل ٣٩ لوحدة حجمها الفعال  $5\text{m}^3$  وتلائم المناطق التي يكون سطح المياه فيها مرتفعاً. ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق.

والشكل ٤٠ لوحدة حجمها الفعال  $7\text{m}^3$  وتلائم المناطق الجافة ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق لمعدلات انتاج غاز تتراوح بين  $2\text{r}^0 - 4\text{r}^0 \text{m}^3/\text{م}$  في اليوم.

والشكل ٤١ لوحدة حجمها الفعال  $5\text{m}^3$  ولها قاعدة مقعرة ولذلك فهي تلائم المناطق التي يكون سطح المياه الأرضية فيها مرتفعاً. ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق.

والشكل ٤٢ لوحدة حجمها الفعال  $8\text{m}^3$  وتلائم المناطق الجافة. ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق لمعدلات انتاج غاز تتراوح بين  $2\text{r}^0 - 4\text{r}^0 \text{m}^3/\text{م}$  في اليوم.

والشكل ٤٣ لوحدة حجمها الفعال  $6\text{m}^3$  وتلائم المناطق التي يكون فيها سطح المياه الأرضية مرتفعاً. ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق.

والشكل ٤٤ لوحدة حجمها الفعال حوالي  $7\text{m}^3$  وتلائم المناطق الجافة. ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق.

والشكل ٤٥ لوحدة حجمها الفعال  $8\text{m}^3$ . ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق. وهي تلائم المناطق التي يكون فيها سطح المياه الأرضية مرتفعاً.

والشكل ٤٦ لوحدة حجمها الفعال  $8\text{m}^3$ . ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق. وهي تلائم المناطق الجافة.

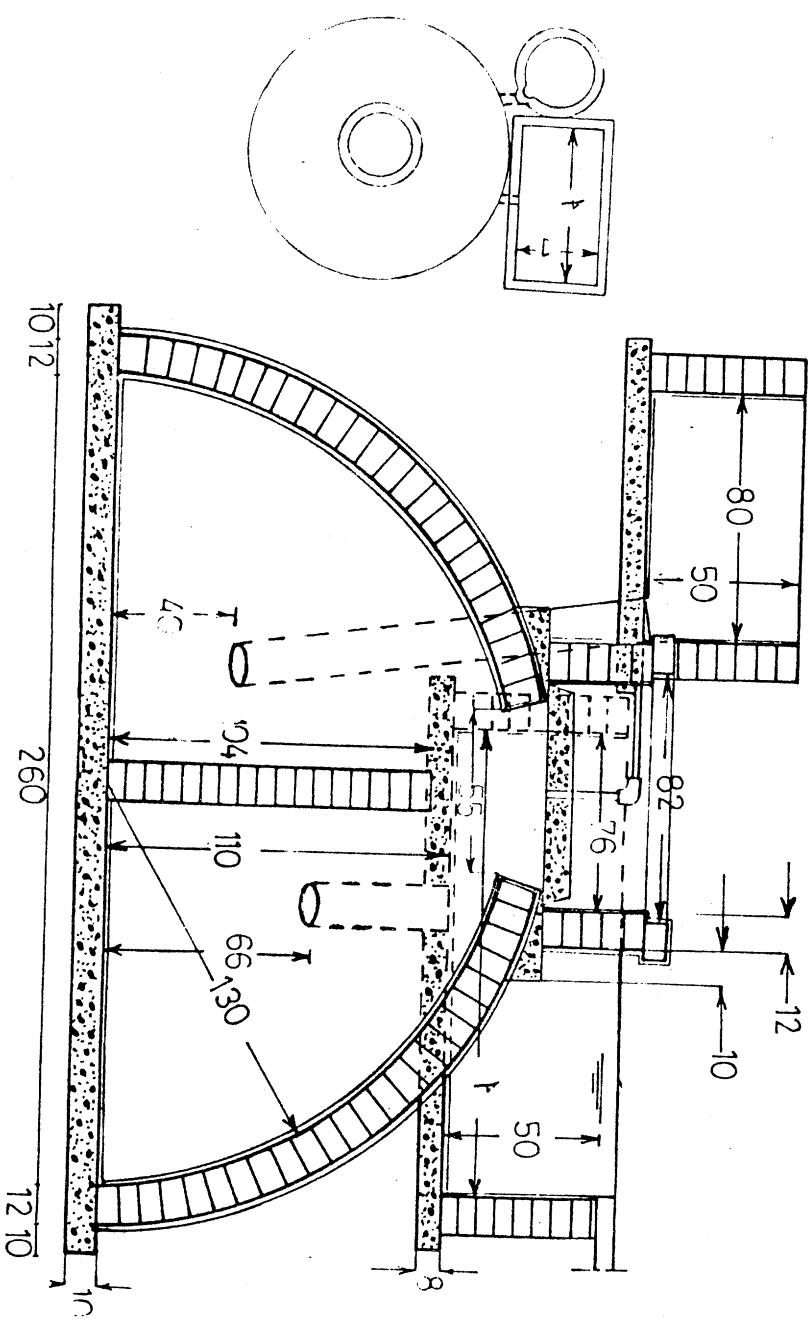
والشكل ٤٧ لوحدة حجمها الفعال  $10\text{m}^3$ . ومواصفات حجرة الخروج موضحة في الجدول المرفق. وهي تلائم المناطق الجافة.

والشكل ٤٨ يوضح غطاء الهواضم. وهو مصنوع من الخرسانة المسلحة وثمة مقبضان لتحريره كما تثبت فيه ماسورة الغاز.

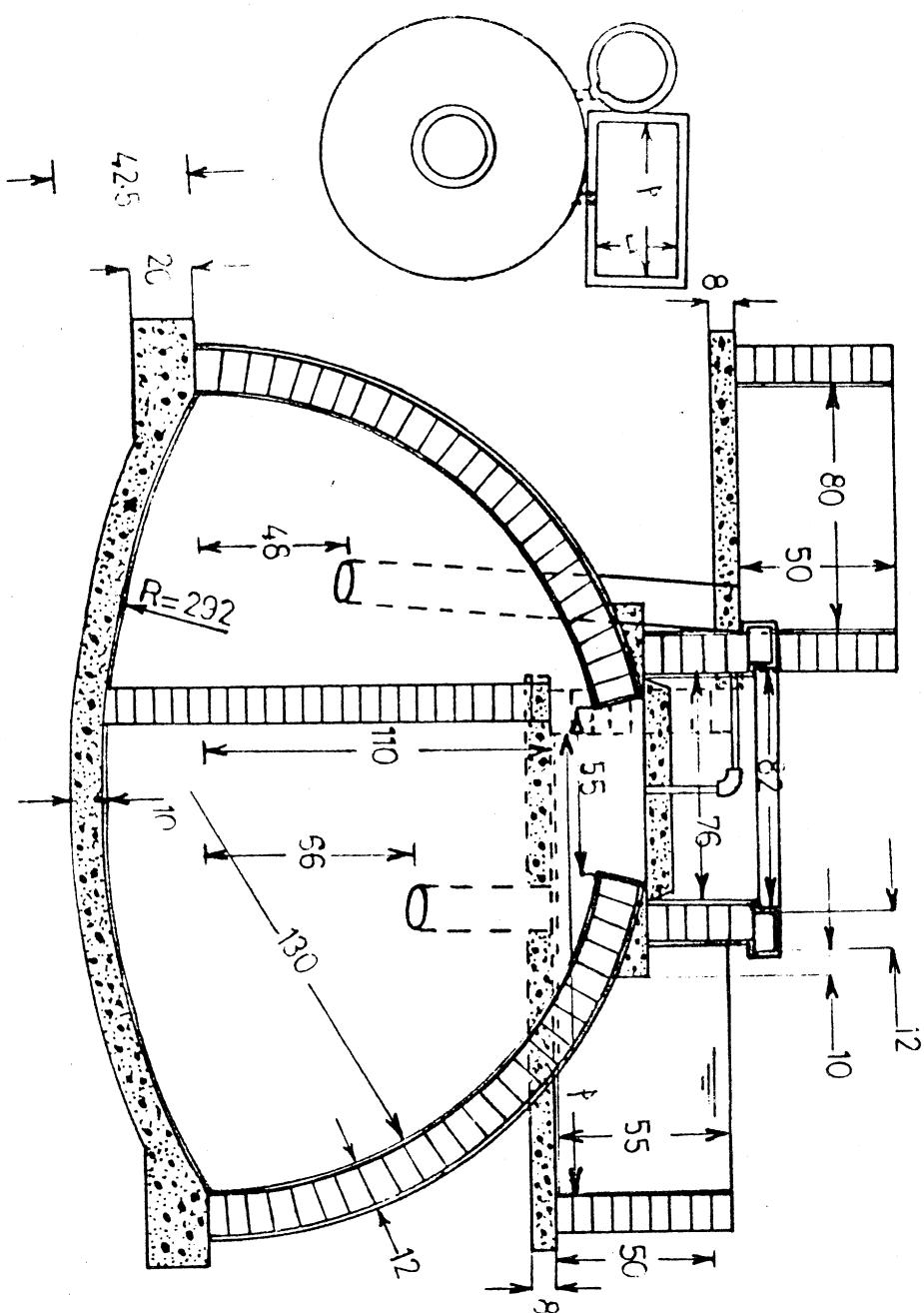
الشكل ٣٨ - وحدة انتاج غاز حيواني طر از صيني - مصرى



حجم الهاضم الكلبي =  $\frac{60}{3} \text{ لتر}^3$   
حجم الهاضم الفعال =  $\frac{60}{3} \text{ لتر}^3$



ات کیمیتیسٹری بالا



الشكل ٣٩ - وحدة انتاج غاز حيوي طراز صيني - مصرى

**الجيم الهمزة المعال = ٥٣**

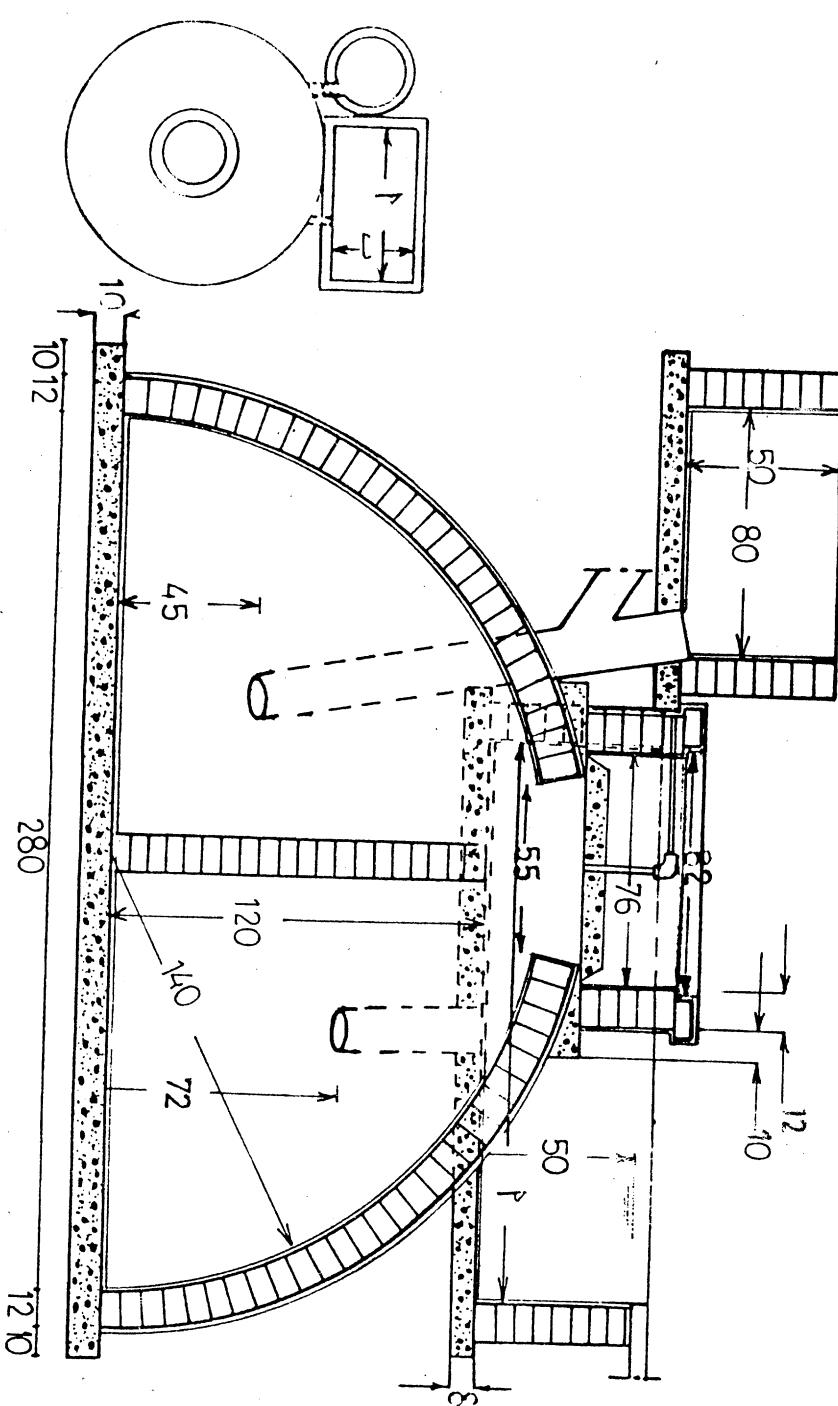
معدل استئناف العذار، ٣ محرم	٣٥٠
جمجم حجره الخروج، سـم	٣٢٠
عمر حجره الغزوـج، سـم	٣٠٥
طول حجره الخروـج، سـم	٣٠٣
ارتفاع قاعدته الخروـج، سـم	٥٠
طـول	١٦٧
عـرض	٩٠
سـمـسـتـ	٨٠
عـرض حـجـرـهـ الخـرـوـجـ، سـمـ	٣٣
طـول	١٤٠
عـرض	٥٠
سـمـسـتـ	٥٠

## الابعاد بالستيتيرات

الشكل ٤٤ - وحدة إنتاج غاز حيواني طراز صيني - مصرى

٥٠ ١٠٠

ارتفاع فتحة خروج المحلول سم	طول حجره الخروج سم	عرض حجره الخروج سم	حجم حجره الخروج الفدان	معدل إنتاج النازل ، م³/م³ يوم	حجم الهاضم الكلبي = م³	حجم الهاضم الفعال = م³
٥٠	٥٠	٥٠	٣٨٨٨	٣٢٢	٣٥٠	٣٤٠
٦٠	٦٠	٦٠	٤٧٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٤٠
٧٠	٧٠	٧٠	٥٢٥	٣٢٥	٣٣٥	٣٣٥
٨٠	٨٠	٨٠	٧٤٢	٣٢٢	٣٩٠	٣٩٠
٩٠	٩٠	٩٠	٨٥٥	٣٨٨	٤٣٥	٤٣٥
١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٤٢	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١١٠	١١٠	١١٠	١٠٠	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٢٢	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٣٠	١٣٠	١٣٠	١٣٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٤٠	١٤٠	١٤٠	١٤٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٦١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٦٠	١٦٠	١٦٠	١٦٤	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٧٠	١٧٠	١٧٠	١٧١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٨٠	١٨٠	١٨٠	١٧٦	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
١٩٠	١٩٠	١٩٠	١٧١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٦٦	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢١٠	٢١٠	٢١٠	١٦١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٢٠	٢٢٠	٢٢٠	١٥٦	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٣٠	٢٣٠	٢٣٠	١٤٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٤٠	٢٤٠	٢٤٠	١٤١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	١٣٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٦٠	٢٦٠	٢٦٠	١٣٣	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٧٠	٢٧٠	٢٧٠	١٢٩	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٨٠	٢٨٠	٢٨٠	١٢٥	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٢٩٠	٢٩٠	٢٩٠	١٢١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	١١٨	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣١٠	٣١٠	٣١٠	١١٤	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٢٠	٣٢٠	٣٢٠	١١٠	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٣٠	٣٣٠	٣٣٠	١٠٦	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٤٠	٣٤٠	٣٤٠	١٠٢	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٩٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٦٠	٣٦٠	٣٦٠	٩٣	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٧٠	٣٧٠	٣٧٠	٩٠	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٨٠	٣٨٠	٣٨٠	٨٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٣٩٠	٣٩٠	٣٩٠	٨٤	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٠٠	٤٠٠	٤٠٠	٨١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤١٠	٤١٠	٤١٠	٧٨	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٢٠	٤٢٠	٤٢٠	٧٥	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٣٠	٤٣٠	٤٣٠	٧٢	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٤٠	٤٤٠	٤٤٠	٧٠	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٥٠	٤٥٠	٤٥٠	٦٧	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٦٠	٤٦٠	٤٦٠	٦٤	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٧٠	٤٧٠	٤٧٠	٦١	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٨٠	٤٨٠	٤٨٠	٥٨	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٤٩٠	٤٩٠	٤٩٠	٥٥	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥
٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٢	٣٩٠	٥٣٥	٥٣٥



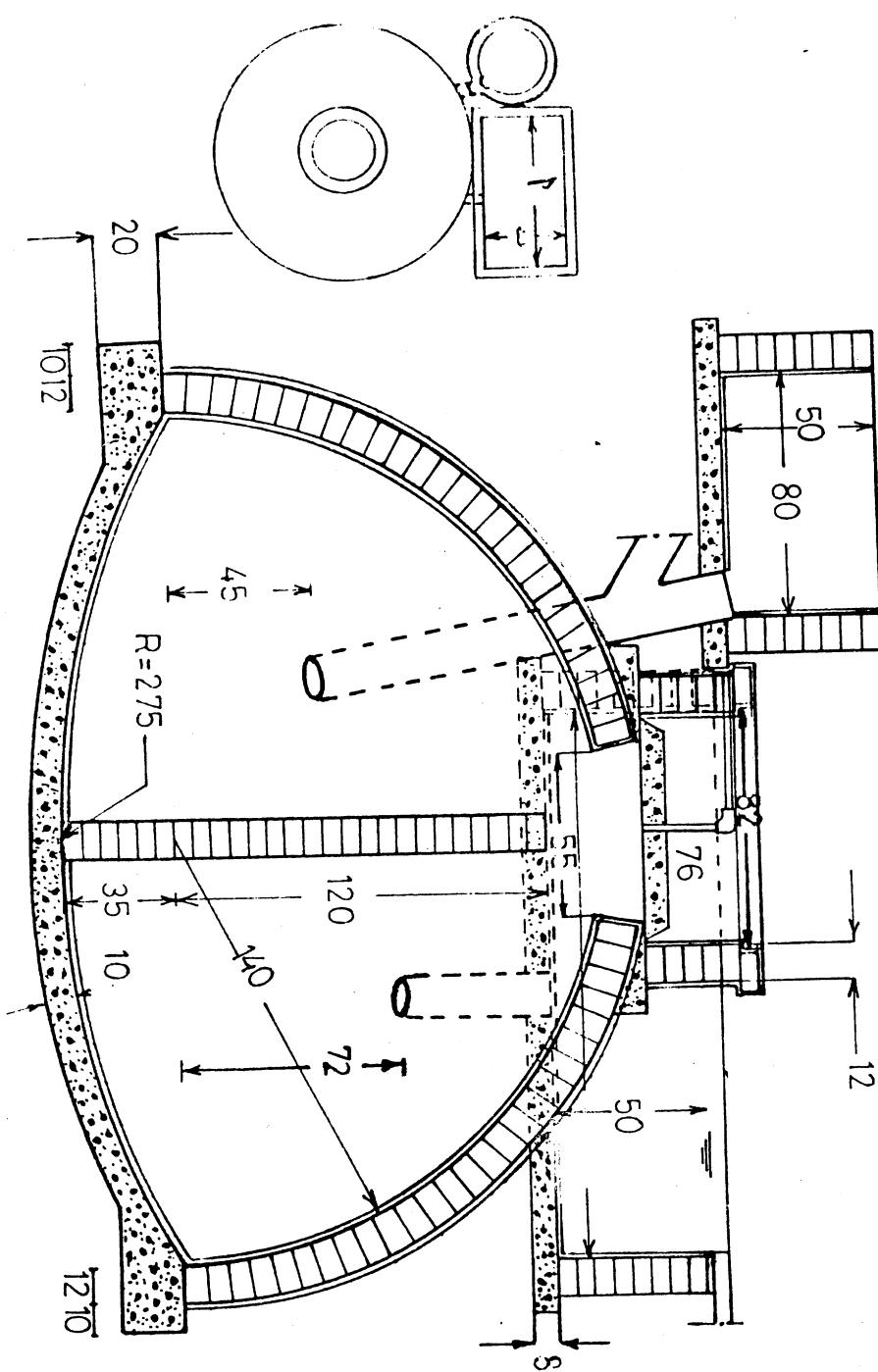
البعاد بـ المسنثيترات

الشكل (٤) - وحدة انتاج غاز حبيبي طراز صيني - صصري

$$\text{حجم الماء} = ٦٨٥ \text{ م}^3$$

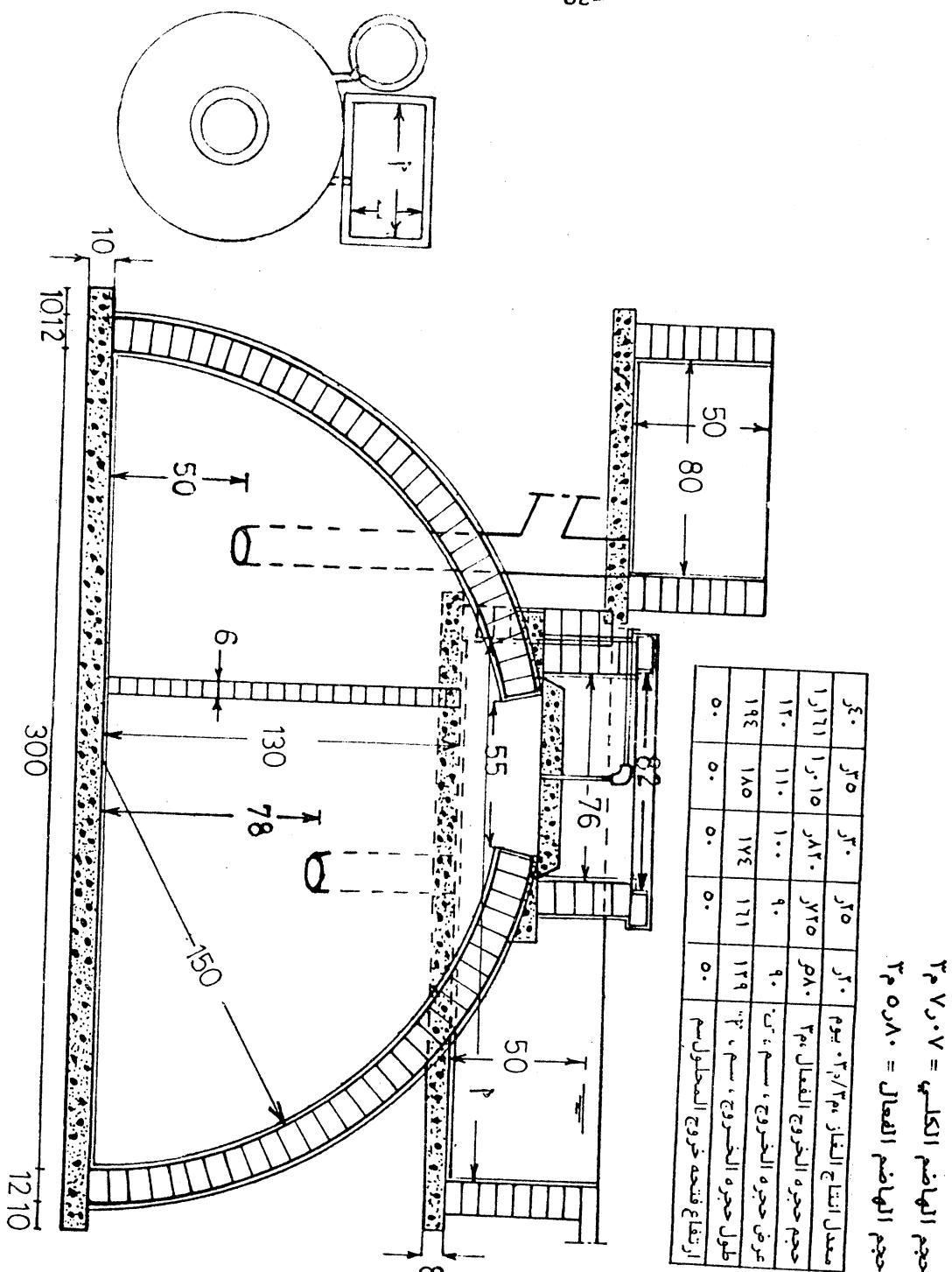
$$\text{حجم الماء} = ٥٧٣ \text{ م}^3$$

معدل انتاج الغاز، س/م	٣٠
الحجم الفعال لحجرة الخروج	٣٧٣
عرض حجرة الخروج، سـ	٨٠
طول حجرة الخروج، سـ	٣٠
ارتفاع فتحة الخروج، سـ	٥٠
ارتفاع فتحة الخروج، سـ	٥٠



البعاد بالسنتيمترات

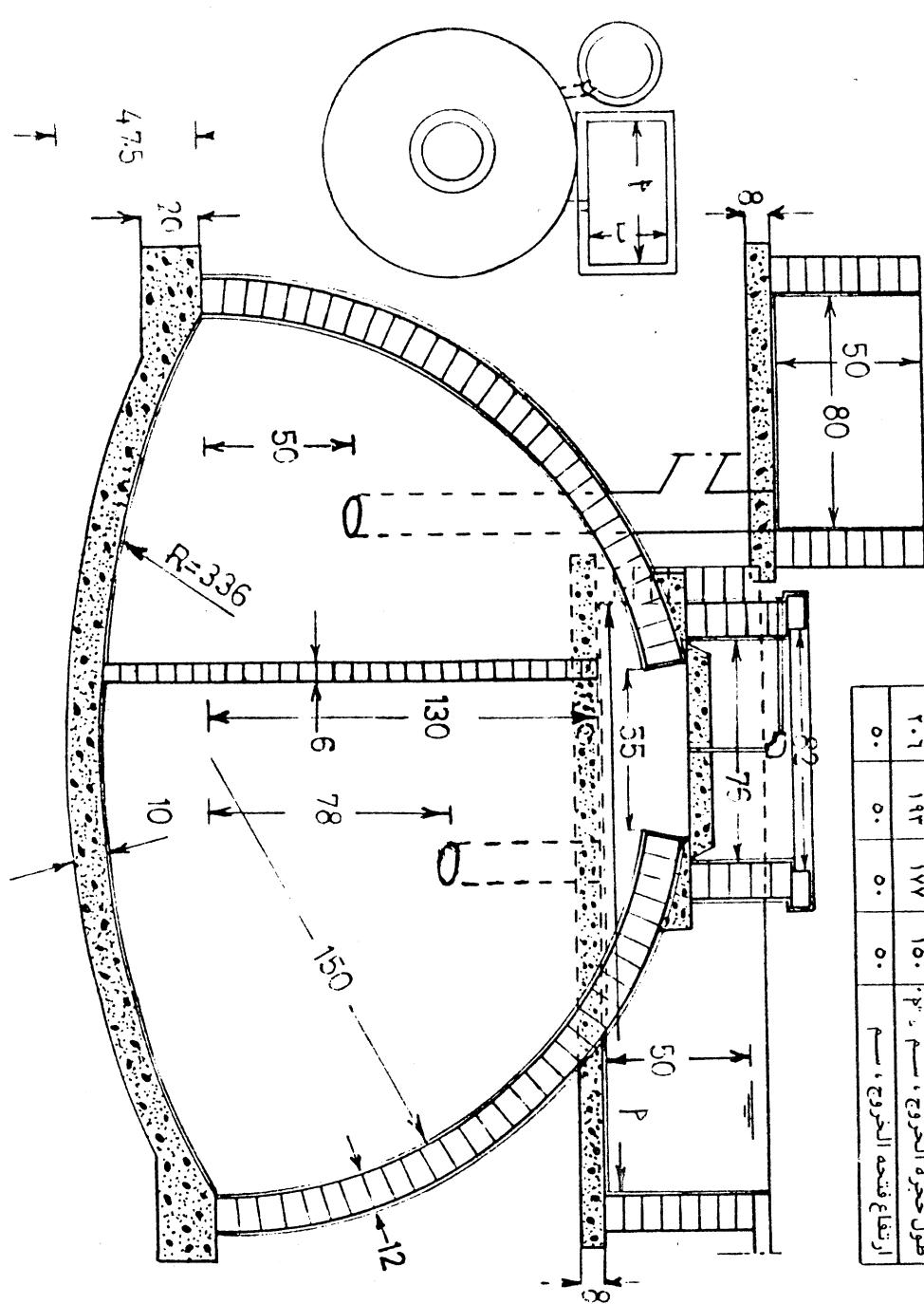
الشكل ٤٣ - وحدة انتاج غاز حيوى طرانت الصيني - صدرى



الابحاث بالمستويات

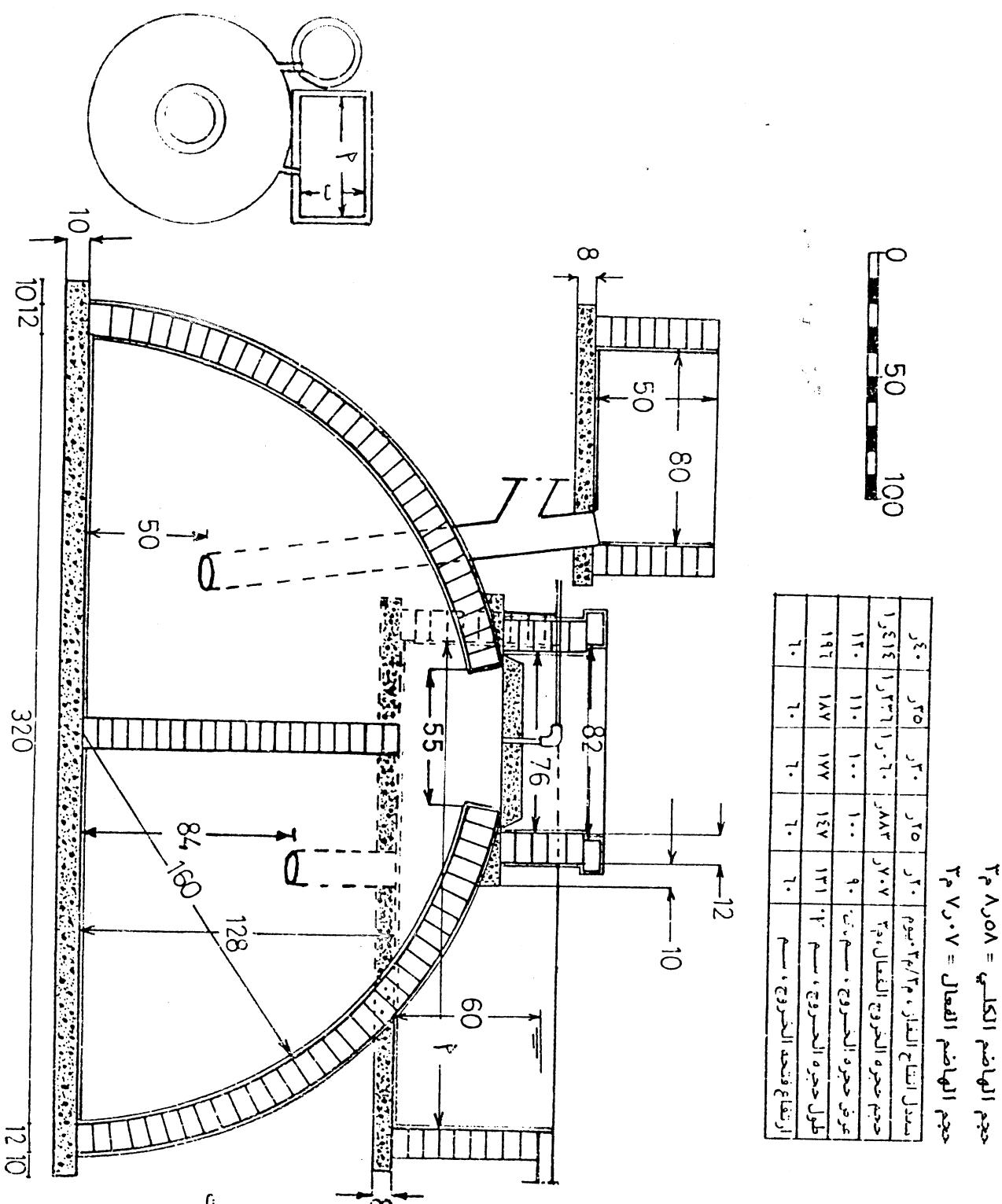
الشكل ٤٤ - وحدة إنتاج خاز حبيوي طراز صبني - مصرى

حجم المهاضم الكلى = ٣٣٧ م³
حجم المهاضم الفعال = ٦٧٦٥ م³
معدل إنتاج النفايات ٣٠٣ / ٣ / يوم
٣٥٠ ل / د
٣٥٠ ل / د
٤٧٧٦ ل / د
٤٨٤٩ ل / د
١٠٢٤٨٦ ل / د
٩٠ ل / د
١١٥ ل / د
١٠٥ ل / د
٩٥ ل / د
٦٠٧٦ ل / د
٦٠٣٥ ل / د
٣٥٠ ل / د
٣٥٠ ل / د
٣٣٧ م³ / يوم
حجم حجره الخروج، سـم ١٣٠
عرض حجره الخروج، سـم ١٣٠
طول حجره الخروج، سـم ١٣٧
ارتفاع فتحه الخروج، سـم ٥٠



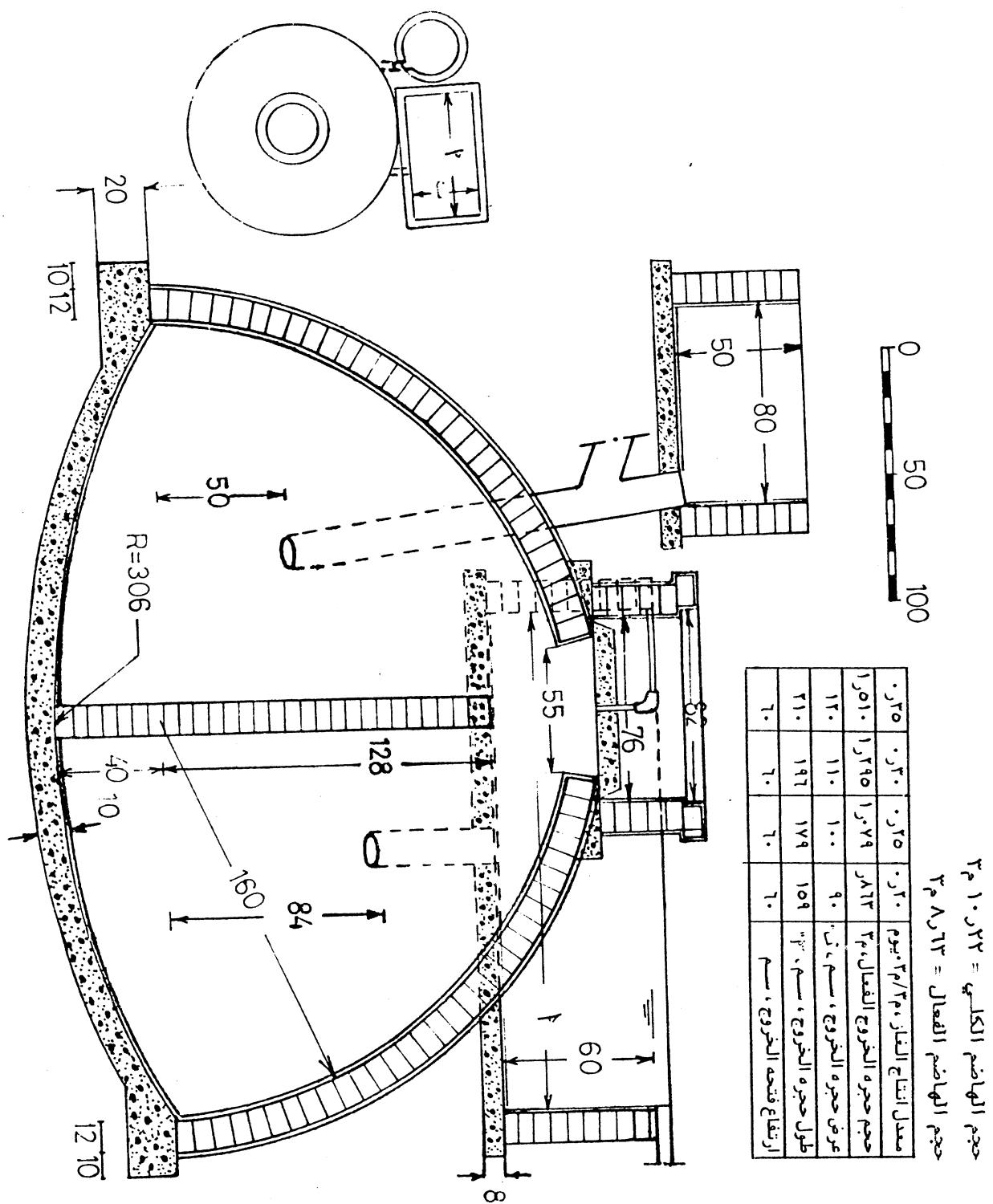
الابعاد بالسنتيمترات

الشكل ٤٤ - وحدة انتاج غاز حيوي طرانت صيني - مصرى



البعاد بالستيمترات

الشكل ٤٥ - وحدة انتاج غاز حبوي طراز صيني - مصرى

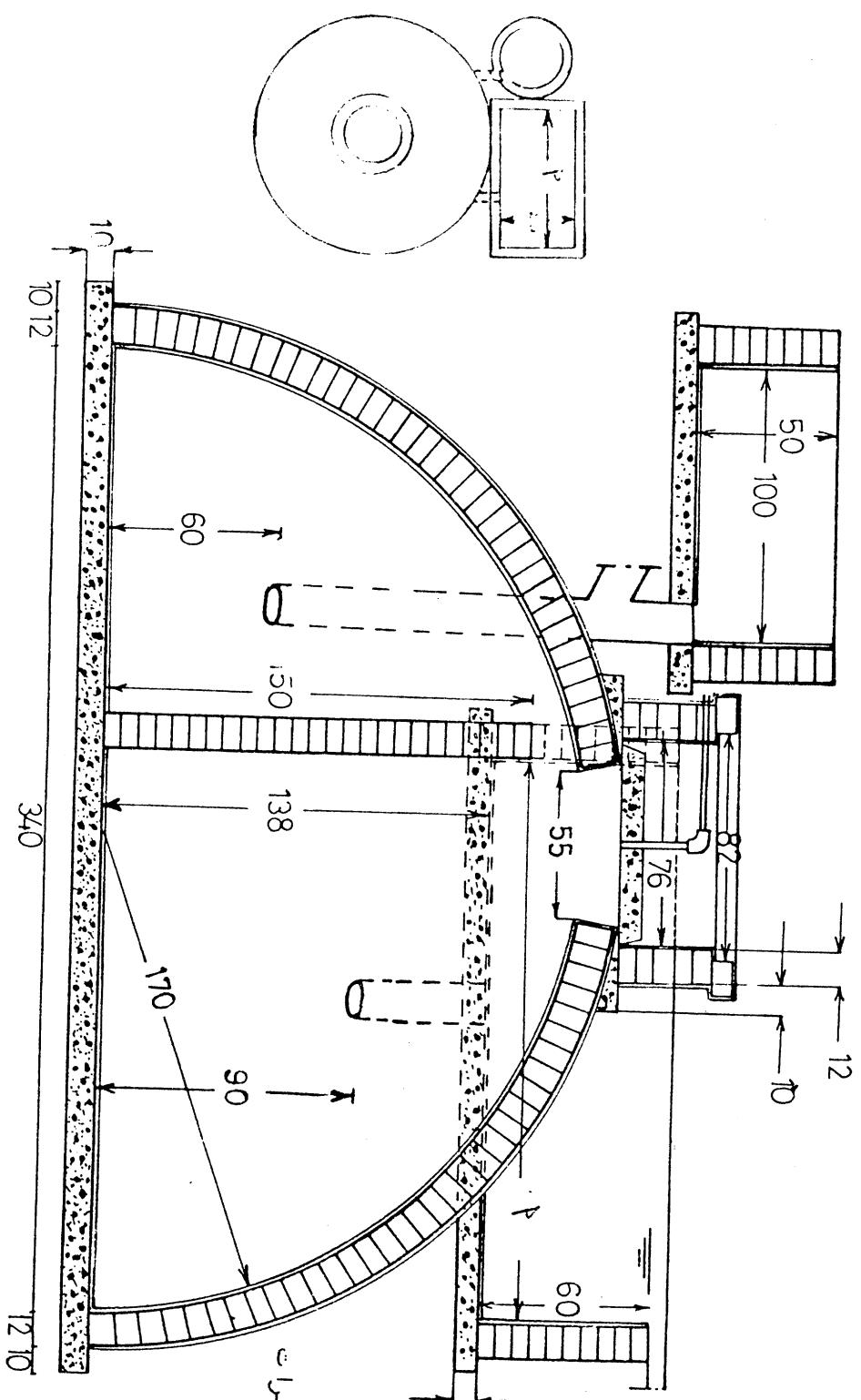


الابعاد بالسنتيمترات

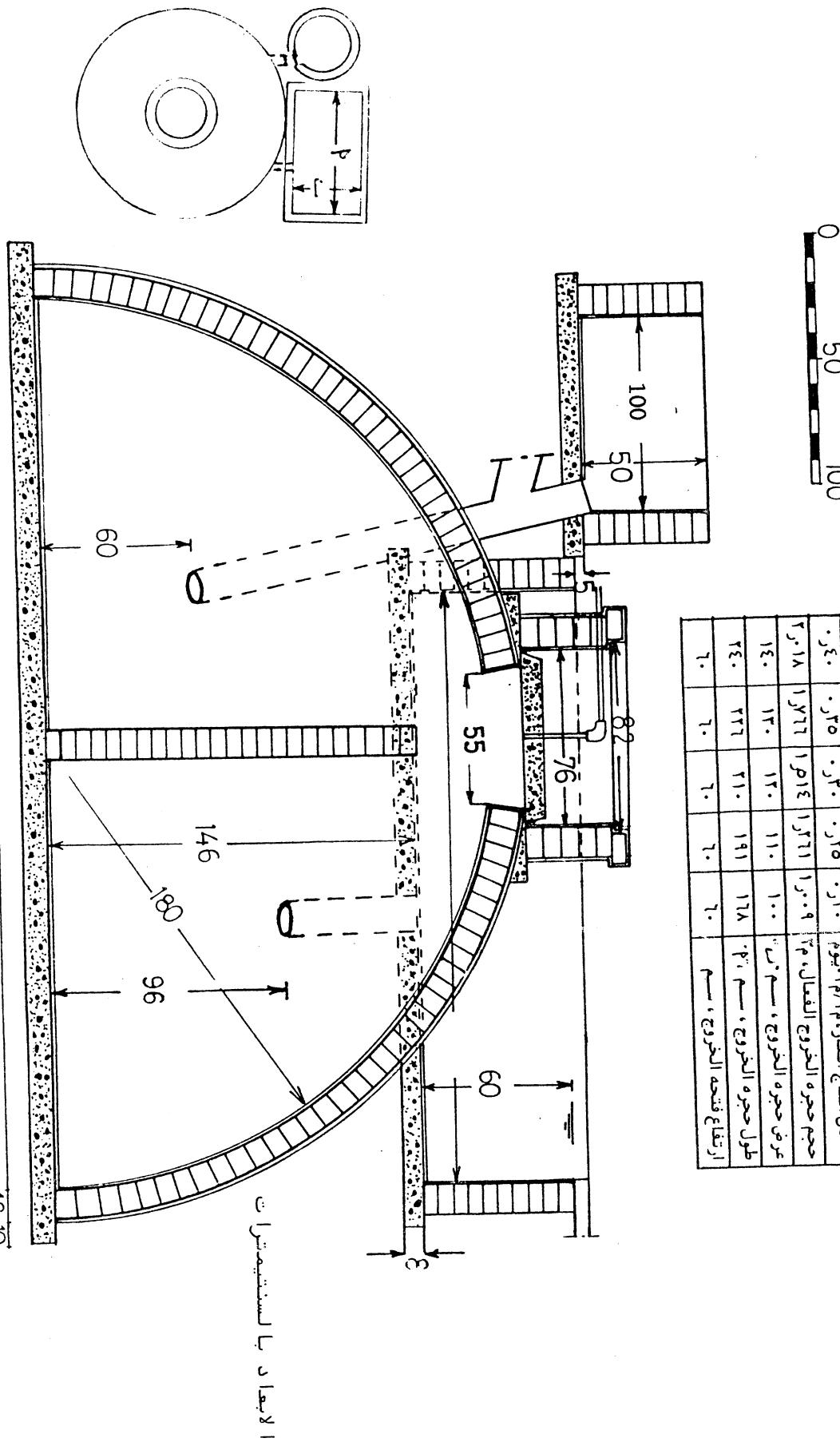
الشكل ٦٤ - وحدة انتاج غاز حبيوي مطران صيني - مصرى

$$\text{حجم الماء} = \frac{1}{3} \times 847 = 281 \text{ مم}^3$$

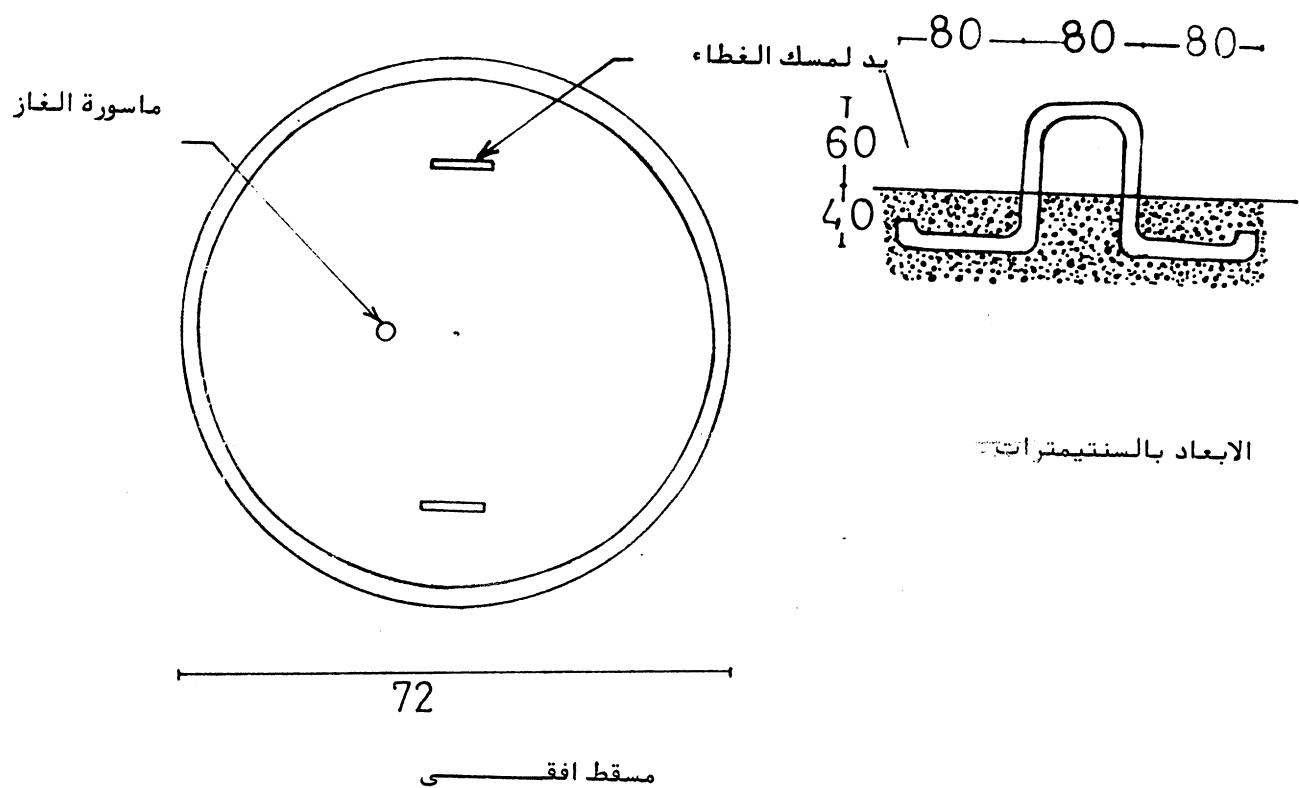
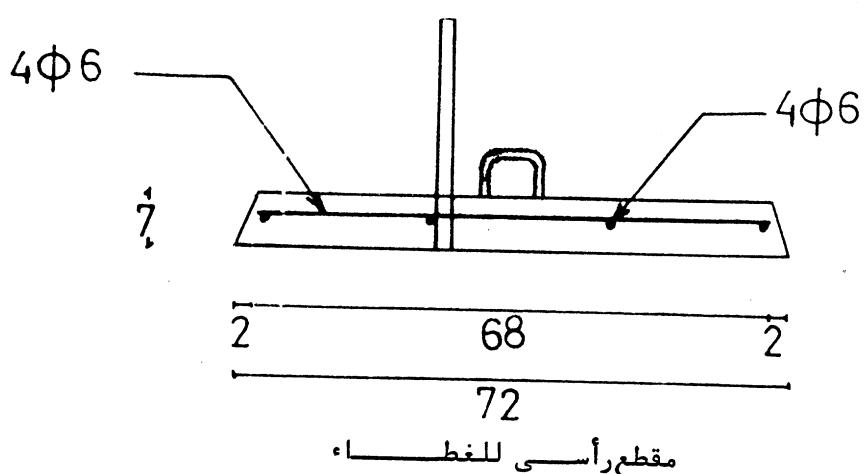
مدل انتاج الغاز $m^3/\text{س}$	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
حجم حجره الخروج الغاز	١١٤٨٢	١١٤٧١	١٠٥١	١٠٥١	٩٠	٦٠	٣٥
عرض حجره الخروج، سم	١٣٠	١٢٠	١١٠	١٠٠	٩٠	٦٠	٥٠
طول حجره الخروج، سم	٢١٧	٢١٥	١٩٣	١٧٦	١٥٧	٦٠	٦٠
ارتفاع فتحة الخروج، سم	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠	٦٠



الشكل ٤٧ - وحدة انتاج غاز حيوي طراز صيني - مصرى



الشكل ٤٨- غطاء الهاضم



## ٧- تصميم شبكة نقل الغاز

يتم نقل الغاز باستخدام مواسير من الحديد المجلن أو البولي فينيل كلوريد ويتم ذلك تحت ضغط الغاز في الهاضم أو باستخدام ضغط خارجي ولكن في الوحدات الريفية سواء العائلية أو المشتركة يتم توزيع الغاز عادة باستخدام شبكة غاز اعتماداً على ضغط الغاز في الهاضم والذي يكون عادة حوالي ١٠ سم عمود ماء للهواضم المنزلية ذات الخزان الطافي بينما يصل الضغط إلى حوالي ١٠٠ سم بالنسبة للهواضم المضغوطة بالماء (الهواضم الصينية).

ويتمثل تصميم شبكة الغاز أهمية خاصة حيث يجب أن تتوفر فيها العوامل التالية:

- أن ينقل الغاز إلى مناطق الاستخدام بالكميات المناسبة ولا يستتبع ذلك فقداً كبيراً في الضغط وهذا يحدده طول المسافة وقطر الماسورة ومعدل استخدام الغاز.
- لا تتشكل مياه متكتفة من الغاز يمكن أن تؤثر على سريان الغاز وهذا يستدعي تزويد شبكة الغاز بمصادر مياه ملائمة.
- لا يسمح الخط بممر عكسي للهب وهذا يستدعي تزويد الخط بمصادر لهب.

## ١-٧ تحديد قطر خط الغاز

يتحدد قطر خط الغاز تبعاً لمعدلات السريان وقت الذروة وطول الخط وضغط الغاز ونوع المواسير المستخدمة وكمية فقد الضغط المسموح به.

ويبيّن الجدول ٦ الأقطار المقترحة بالنسبة لمعدلات الاستهلاك والمسافات المختلفة<sup>(١٠)</sup> بالنسبة للهواضم ذات الخزان الطافي والتي تتميز بالضغوط الصغيرة في حدود ١٠ سم عمود ماء.

وعلى سبيل المثال ففي حالة ما يكون الاستخدام المحتمل وقت الذروة عبارة عن فرن (٥٠٠ لتر/ساعة) وموقد كبير (٣٩٠ لتر/ساعة) فإن إجمالي الاستهلاك وقت الذروة يعادل ٨٩٠ لتر غاز/ساعة. وعلى افتراض أن طول المسافة بين الهاضم ومكان الاستخدام يعادل حوالي ٣٠ متر فإن قطر الماسورة يجب أن لا يقل عن  $\frac{3}{4}$  بوصة.

أما بالنسبة للوحدات الصينية فنظراً لارتفاع الضغط، يستخدم عادة ماسورة قطرها  $\frac{1}{2}$  بوصة بالنسبة للمسافات المتوسطة والنمط العادي للاستهلاك العائلي.

## ٢-٧ تصفية المياه المتكتفة

نظراً لأن الغاز يكون مشبعاً بالماء فقد تتكثف المياه وتتجمع عند مروره في الخطوط، مما قد يسبب انخفاضاً ملحوظاً في ضغط الغاز كما قد يمنع سريان الغاز كلياً. ولذلك فإن خطوط الغاز تثبت بميلان حوالي ١:١٠٠ لتيسير تجميع المياه المتكتفة وتركيب مصفاة مياه للتخلص منها. وهناك أنواع عديدة من المصافي.

**الجدول ٦ - اقطار المواصل لمعدلات السريران والأدوال المختلفة (٤، ١٠)**  
**(الأقطار بالسنتيمتر و المسافات بالمتر)**

ويبيّن الشكل ٤٩ مسافة على شكل حرف U تتميّز بسهولة التصنيع حيث يتم تصنيعها عادة من مواسير حديدي مجلف قطرها نصف بوصة. ويوصل أحد الأذارع بخط الغاز في نقطة مستواها منخفض عن الخط بأكمله بينما يبقى الذراع الآخر مفتوحاً ويحافظ على طول للذراع المفتوح أكبر من عمود ضغط الغاز (ويفضل أن يصل إلى حوالي الضعف) حتى يمنع خروج الغاز عند ملء المسافة بالمياه. وتتميّز هذه المسافة بأن المياه المتكتفة تخراج تلقائياً ولا تحتاج إلى فتح محبس. ولكن في بعض الأحيان تكون كمية المتاخر منها أعلى من كمية المياه المتكتفة فينخفض ارتفاع عمود المياه عن ارتفاع عمود الضغط، فيتسرب الغاز منها. وعلى ذلك يجب الكشف عليها وتزويدها بالمياه مرة كل عدة شهور حتى لا تتسبّب في تسرب الغاز.

ويوضح الشكل ٥٠ مسافة مياه على شكل حرف T ومتّهية بمحبس وهي أيضاً سهلة التصنيع. ولكن المياه المتكتفة تتجمع فيها لذا يجب فتح المحبس كل فترة مناسبة لخروج المياه والا فإنها تسد خط الغاز. وعلى ذلك فإن أكبر عيوبها أنها تحتاج إلى متابعة مستمرة وعلى فترات قصيرة نسبياً وخاصة بالنسبة للوحدات العائلية ذات الضغط المنخفض نسبياً (١٠ سم عمود ماء).

ويوضح الشكل ٥١ مسافة مياه على شكل سيفون. وهي تسمح بخروج المياه باستمرار. كما أن التاخر محدود ومن ثم فإنها لا تحتاج إلى متابعة إلا بعد فترات طويلة. ويفضل أن يكون طول ماسورة خروج المياه أكثر من ضعف عمود ضغط الغاز لتقليل الحاجة إلى المتابعة. ولكن ارتفاع تكلفة الممسافة يمثل أكبر عيوبها.

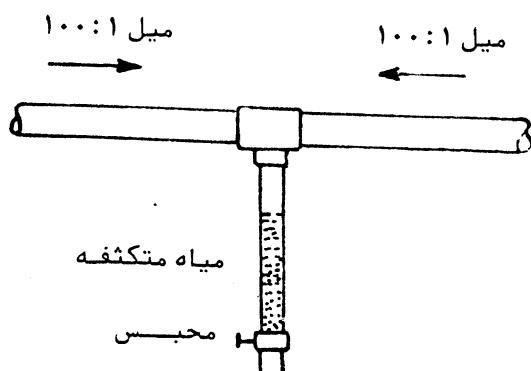
#### ٣-٧ مواطن اللهب

تزود خطوط الغاز أحياناً بموانع لهب لحماية هزان الغاز من الانفجار في حالة حدوث سريان عكسي للهب. ولكن نظراً لعدم وجود هواء داخل الهاضم فإن احتمالات الانفجار تكون معدومة إذا ما رُوِيَت الاحتياطات الالزمة عند بدء التشغيل، وذلك بتفریغ الغاز المنتج في الجو عدة مرات نظراً لاحتواه على القليل من الهواء وذلك حتى تنتهي كميات الهواء الموجودة بالداخل. أما موانع اللهب فهي عبارة عن شبكة دقيقة الثقوب من النحاس أو أي معدن آخر لا يصدأ.

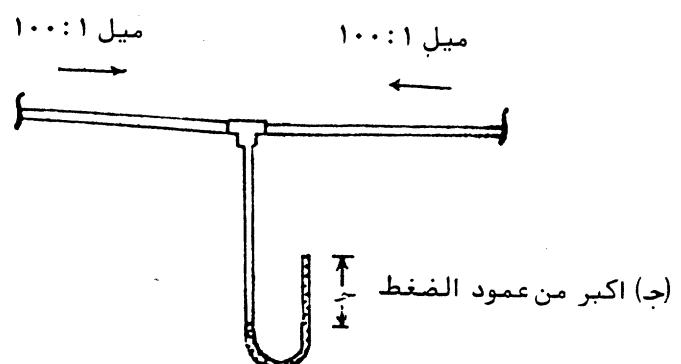
#### ٤-٧ صمامات الأمان

قد يرتفع الضغط في الهواضم البلاستيكية ويؤثر على جدار الهاضم وعادة لا يزيد الضغط في هذه الوحدات عن ١٠ سم عمود ماء. وعلى ذلك يفضل استخدام صمام أمان بسيط عبارة عن أنبوبة مغمورة في قينة ماء مغلقة وتوجد ماسورة أخرى غير مغمورة في الماء وطول الجزء المغمور في الماء يعادل الحد الأقصى للضغط المسموح به. فعند زيادة الضغط يدفع الماء ويخرج من الماسورة العلوية حتى ينخفض الضغط إلى الحد المسموح به. ويبيّن الشكل ٥٢ صمام أمان من هذا النوع.

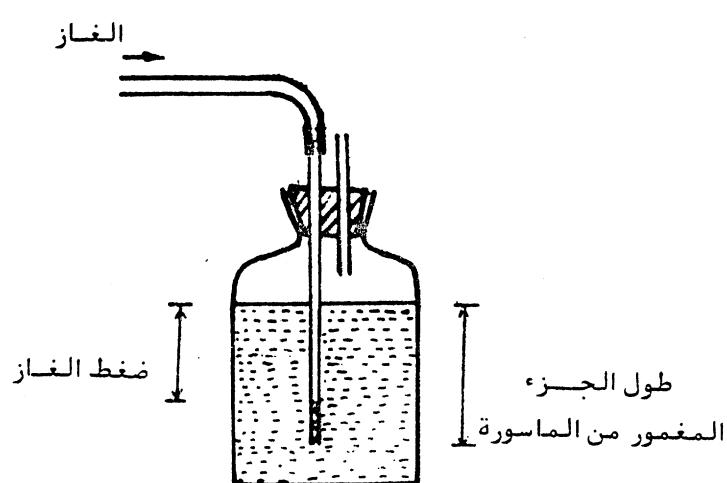
ويكون ضغط الهواضم ذات الخزان الطافي ثابتاً ويعادل وزن الخزان مقسوماً على مساحة المقطع ويرتفع الخزان مع زيادة كمية الغاز المخزنة حتى يصبح ارتفاع عمود المياه حول الخزان أقل من ضغط الغاز فيندفع الغاز الزائد عن حجم الخزان إلى الخارج في الهواء ويظل الخزان مملوءاً بالغاز. وعلى ذلك فهو



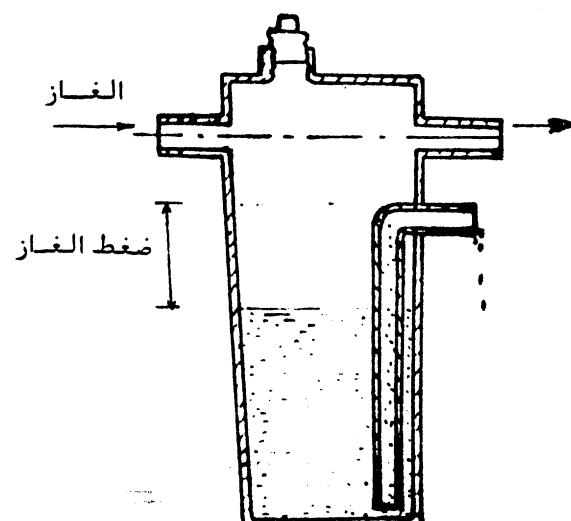
الشكل ٥٠ - مصيدة ماء على شكل حرف T



الشكل ٤٩ - مصيدة ماء على شكل حرف U



الشكل ٥٢ - صمام أمان



الشكل ٥١ - مصيدة ماء على شكل سيفون

لاتحتاج الى منظمات أمان ويكون ضغط الهواضم المضغوطة بالماء (الهواضم الصينية) متغيرا وقد يرتفع الى أكثر من ١٠٠ سم عبود ماء ويجب الحفاظ على الحد الأقصى للضغط في حالة عدم استخدام الغاز وذلك باستخدام صمام أمان أو مراعاة ذلك في تصميم الوحدات حيث تعمل ماسورة خروج محلول كصمam أمان في التصنيمات الموجودة في هذا الدليل. حيث أن ارتفاع الضغط الى الحد الأقصى يخفي من منسوب محلول داخل الهواضم الى أسفل فتحة ماسورة الخروج وبذلك يندفع الغاز منها الى الخارج محافظا على الضغط في حدود المسموح به. كما يستخدم أحياناً مقاييس ضغط تفاضلي (مانومتر) بطول الضغط المسموح به وعند زيادته فإن الغاز يدفع الماء ويخرج محافظا على الهواضم من الآثار الضارة لارتفاع الضغط. ولكن يجب إعادة ملء المانومتر بالماء حتى لا يتسرّب الغاز.

## ٥-٧ منظمات الضغط

لاتحتاج الهواضم ذات الخزان الطافي لمنظمات ضغط لأنّ ضغطها ثابت تقريباً. أما الهواضم الصينية فإنّ ضغطها متغير في حدود ٢٠-١٠٠ سم عبود ماء أو أكثر. ويؤثّر تغيير الضغط على كفاءة معدات استخدام الغاز ولذلك يفضل استخدام منظم للضغط على أن يوضع قبل معدات استخدام الغاز مباشرة لتقليل فقد الضغط. ويمكن استخدام منظمات الضغط المستخدمة في شبكة الغاز الطبيعي للمنازل. كما يمكن استخدام المنظمات المستخدمة لغاز البوتاجاز على أن توسيع مسارات الغاز في حالة تضيقها.

### (٩) -٨ معدات استخدام الغاز الحيوي

يحتوي الغاز الحيوي على حوالي ٦٠ في المائة ميثان (وهو الجزء النشط) والباقي أغلبه ثاني أكسيد الكربون (٣٥-٤٠ في المائة) بالإضافة الى كميات قليلة من الأيدروجين والنيدروجين والأكسجين وآثار من كبريتيد الأيدروجين. وعادة لا يتم اجراء أي عمليات لتنقية الغاز في الوحدات العائلية حيث تستخدم الغاز مباشرة دون تأثير لشوائب على عمليات الاحتراق بشكل كبير.

والغاز الحيوي عديم اللون له رائحة مميزة نتيجة احتواه على آثار من كبريتيد الأيدروجين. وهو أخف، قليلاً من الهواء كما يعطي شعلة نظيفة زرقاء عند الاشتعال ولا يختلف عن الدخان.

الطاقة الحرارية = ٥٠٠٠-٦٠٠٠ كيلو سعر/م٣.

سرعة اللهب : ٣٥ سم/ثانية.

حدود الاشتعال في الهواء: الخليط الذي يحتوي على ٦٠-٢٥ في المائة غاز مخلوط بالهواء يمكن اشتعاله. أما في غير هذه الحدود فلا يشتعل وهي حدود ضيقة مما يجعله أكثر أمناً من كثير من الغازات الأخرى.

الكفاءة الحرارية: تعادل مثيلتها من الوقود الغازي وهي حوالي ٦٠ في المائة.

وعلى ذلك يمكن استخدام الغاز الحيوي كوقود في جميع الاستخدامات ومنها: أعمال الطهي والاضاءة والتسيين والتبريد وتشغيل المعدات الميكانيكية وانتاج الطاقة الكهربائية.

## ١-٨ المواقـد

يمكن استخدام المواقـد الغازية التي تستخدم الغاز الطبيعي أو غاز البوتاجاز ولكن بعد تطويره لتلائم الغاز الحيوي. وفي حالة تعديل موقد البوتاجاز لتعمل بالغاز الحيوي يراعي الآتي:

- الطاقة الحرارية للغاز الحيوي أقل من مشيلتها للبوتاجاز بالنسبة لوحدة الحجم وعلى ذلك فهناك ضرورة لتوسيع فتحة خروج الغاز (الفوئيه) للحصول على نفس كمية الحرارة.

- كمية الهواء الأولى الازمة لحرق الغاز حرقاً كاملاً، أقل بالنسبة للغاز الحيوي عن مشيلتها في حالة البوتاجاز ومن ثم يجب تصغير فتحة دخول الهواء الأولى.

- سرعة اللهب بالنسبة للغاز الحيوي أقل بكثير من مشيلتها في البوتاجاز ولذلك يجب تقليل سرعة خروج مخلوط الغاز والهواء من فتحات اللهب حتى لا يتقطع اللهب. ويتم ذلك بتوسيع فتحات طربوش الموقد (فتحات اللهب). وعادة تتحقق هذه التعديلات كفاءة معقولة للموقد. وإن كان يفضل تصميم موقد خاص لاستخدام الغاز الحيوي حتى يمكن الوصول بالكفاءة إلى الحد الأقصى. وينتج حالياً موقد خاص تعلم باستخدام الغاز الحيوي في الصين والهند.

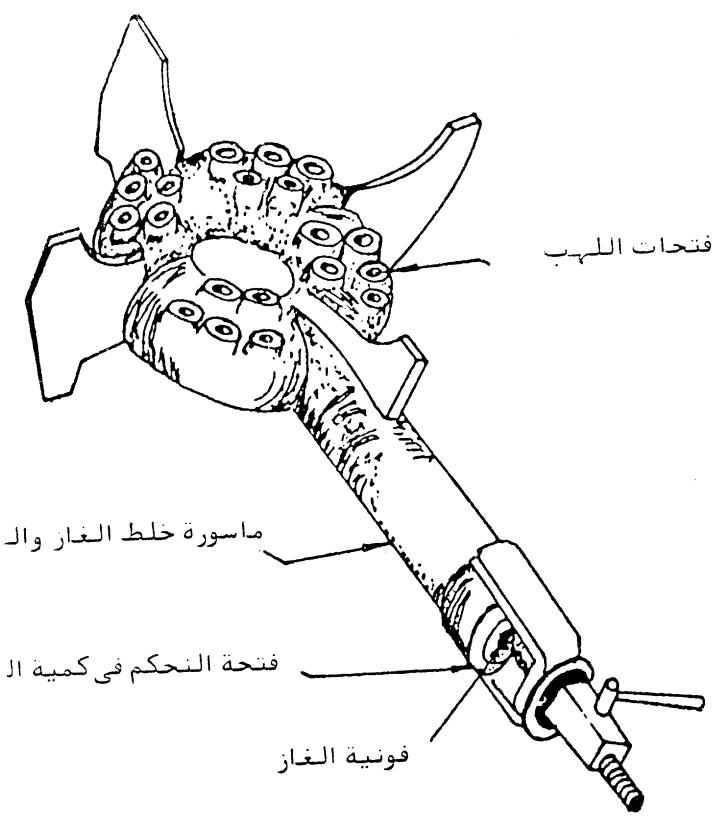
ويبيـن الشـكـل ٥٣ أحد المـوـقـدـ الـمـنـتـجـ فـيـ الصـيـنـ لـاـسـتـخـداـمـ الغـازـ حـيـويـ. وـالـمـوـقـدـ مـصـنـوعـ مـنـ الفـخـارـ وـيـتـمـيـزـ بـانـخـفـاضـ تـكـلـفـتـهـ وـارـتـفـاعـ كـفـائـتـهـ. كـمـاـ يـنـتـجـ فـيـ الـهـنـدـ مـوـقـدـ مـعـدـنـيـةـ عـلـىـ نـطـاقـ تـجـارـيـ خـصـيـصـاـ لـلـغـازـ حـيـويـ، تـتـمـيـزـ بـارـتـفـاعـ الـكـفـاءـةـ.

ويبيـن الشـكـل ٥٤ (أ) موقداً ذـاـ شـعلـةـ وـاحـدـةـ كـمـاـ يـبـيـنـ الشـكـلـ ٥٤ـ بـ) موقداً ذـاـ شـعلـتـيـنـ منـ الـانتـاجـ الـهـنـديـ.

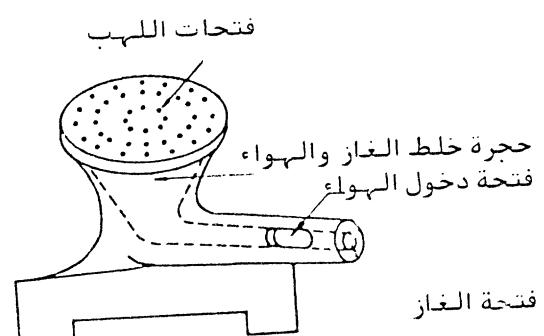
وللاسترشاد نعرض مواصفات موقد وفرن بوتاجاز مصري (الشكل ٥٥) عدل ليعمل بالغاز الحيـويـ تحت ضـغـطـ ١٠ـ سـمـ، ٢٥ـ سـمـ عـمـودـ مـاءـ كـمـاـ هوـ مـوـضـحـ فـيـ الجـدـوـلـ ٧ـ.

الجدول ٧ - مواصفات موقد البوتاجاز المعدل للغاز الحيوي

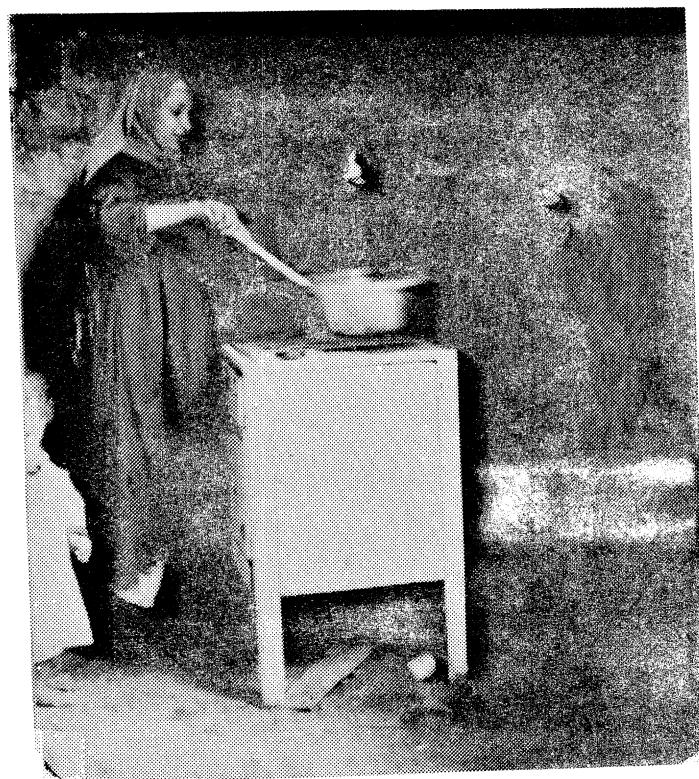
المواءـدـ	الـمـوـقـدـ الـكـبـيرـ	الـمـوـقـدـ الـمـتوـسـطـ	الـمـوـقـدـ الصـغـيرـ	الـهـنـدـ
	قـطـرـ ٦ـ سـمـ	قـطـرـ ٥ـ رـسـمـ	قـطـرـ ٣ـ سـمـ	قـطـرـ ٢ـ سـمـ
استهلاك الغاز، لتر/ساعة	٣٩٠	٣٠٠	٢٠٠	٢٣٠
قطر فتحة الغاز لضغط ١٠ سـمـ عـمـودـ مـاءـ، مـمـ	٢	١.٨	١.٢	١.٥
قطر فتحة الغاز لضغط ٢٥ سـمـ عـمـودـ مـاءـ، مـمـ	١.٦	١.٤	١.٢	١.٢
قطر فتحة الهواء الأولى، مـمـ	٥	٤	٣	٣
عدد فتحات الاشتعال	٣٢	٢٨	٢٠	٢٠
قطر فتحات الاشتعال، مـمـ	٤	٤	٤	٤



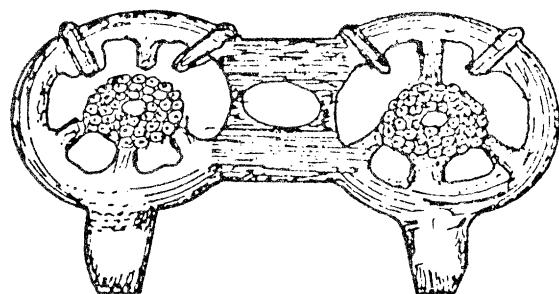
الشكل ٥٤ - موقد معدني (الهند)



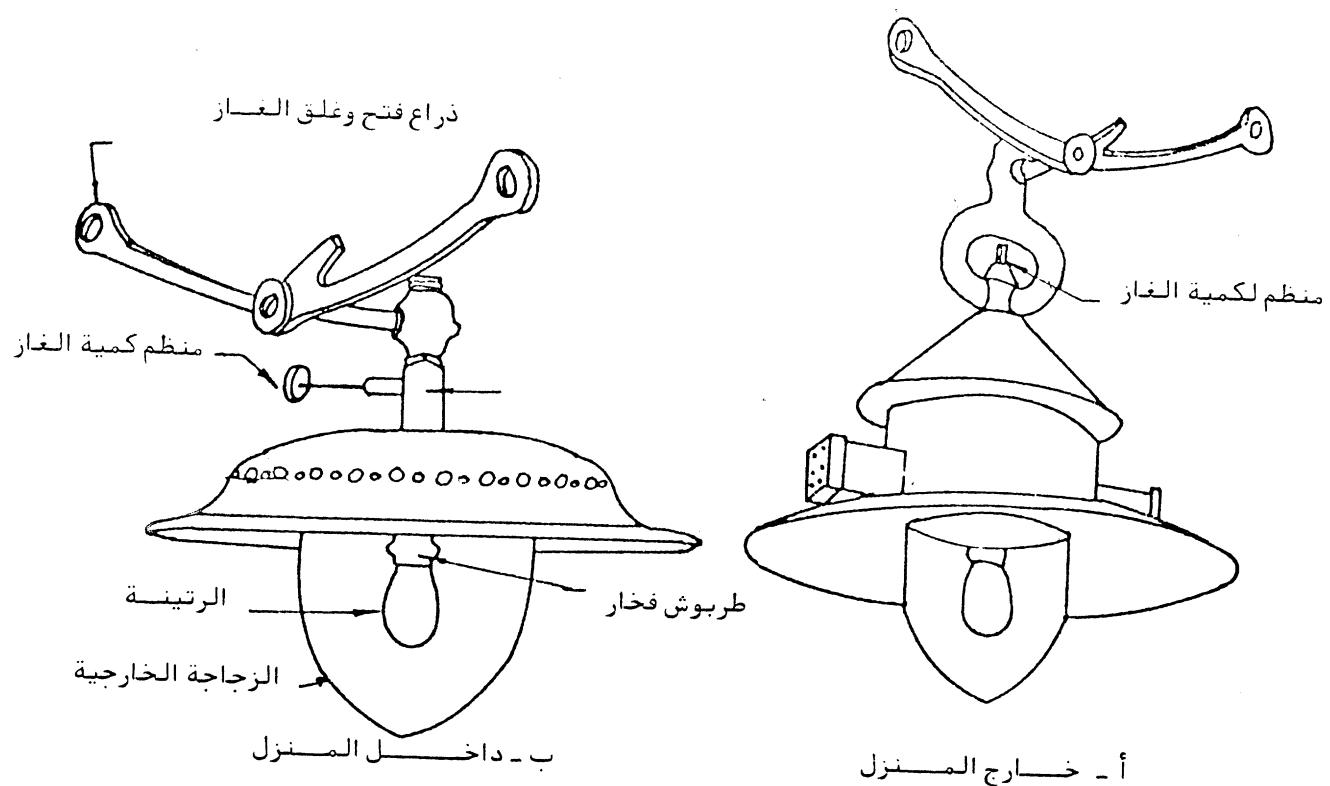
الشكل ٥٣ - موقد من الفخار (الصين)



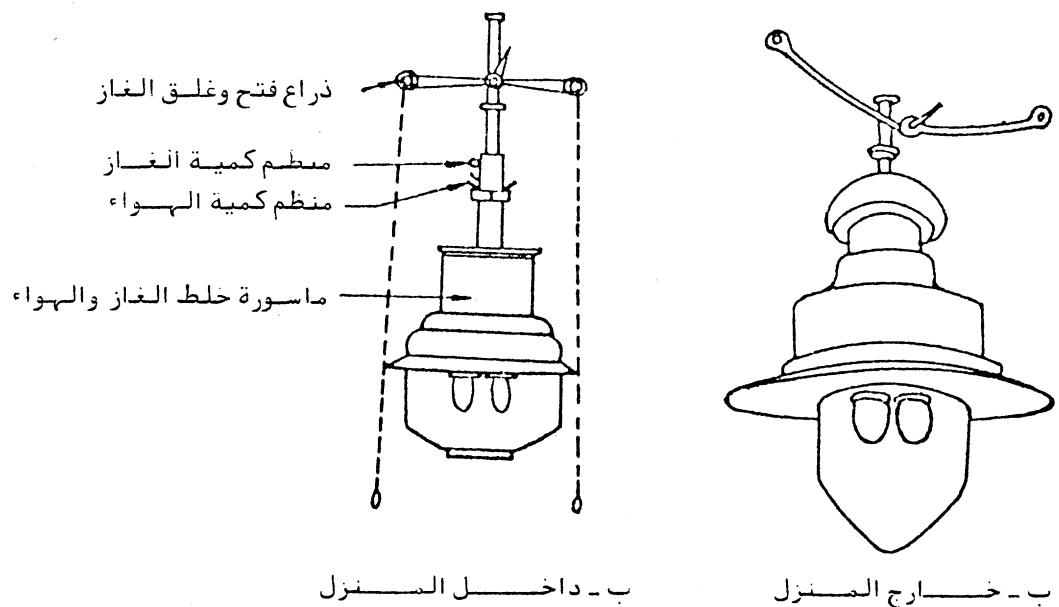
الشكل ٥٥ - موقد وفرن بوتاجاز معدل ليعمل بالغاز الحيوي (مصر)



الشكل ٥٤ بـ - موقد معدني ذو شعلتين (الهند)



الشكل ٥٦- مصابيح وحيدة الشعلة (الهند)



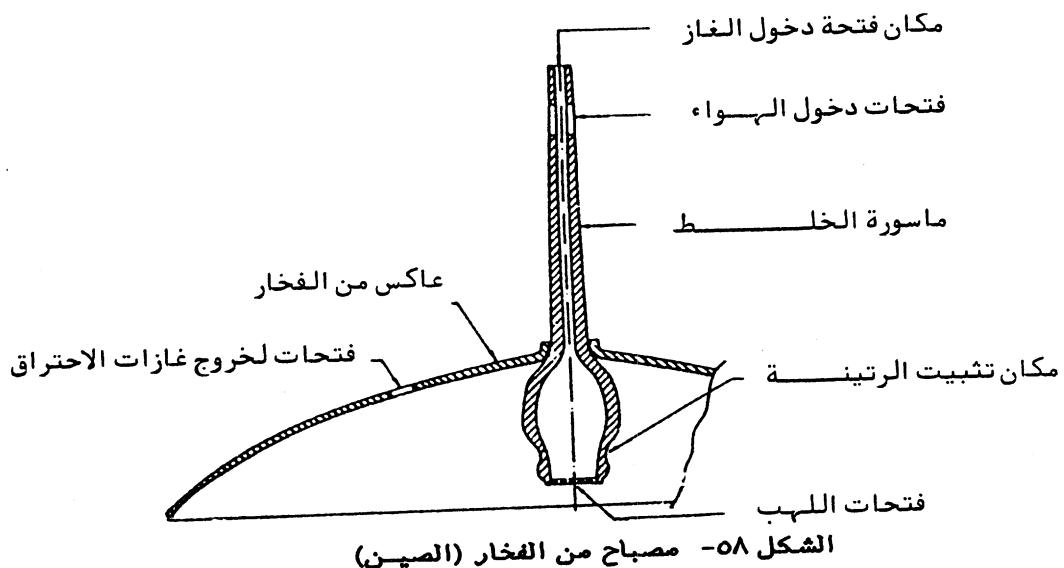
الشكل ٥٧- مصابيح ثنائية الشعلة (الهند)

## ٢-٨ مصابيح الإضاءة

يستخدم الغاز مباشرة في تشغيل مصابيح الإضاءة ويمكن تعديل المصايد الغازية الموجودة، وتنتج الصين والهند مصابيح تعمل بالغاز الحيوي. ويبيّن الشكل ٥٦ تصميمًا هنديًا لمصباح برتينية واحدة يعمل بالغاز الحيوي ويتميز بالكفاءة العالية. ويوجد نموذج من التصميم أحدهما للاستخدام داخل المنزل (١) بينما الآخر يلائم الاستخدام خارج المنزل (ب) في الهواء الطلق. وتعديل مصابيح غاز البوتاجاز لعمل بالغاز الحيوي شبيه بما تم ذكره في المواقف. ويحتاج المصباح إلى حوالي ١٢٠-١٠٠ لتر غاز حيوي في الساعة. وعلى ذلك فان قطر فتحة الغاز يعادل حوالي ١ مم،  $8\text{r}^0$  مم بالنسبة لضغط غاز يعادل ١٠ سم عمود ماء.

ويبيّن الشكل ٥٧ مصباحاً هندياً ذاتينتين صمم خصيصاً للغاز الحيوي ويعمل بكفاءة عالية تحت ضغط ١٠ سم عمود ماء. والمصباح معدني والطربوش من الفخار.

ويبيّن الشكل ٥٨ مصباحاً صينياً مصنوعاً جمیعه من الفخار ويلائم الضغوط المرتفعة المستخدمة في الأجهزة الصينية ويكثر استخدامه في الصين وبعض بلدان الشرق الأقصى ويتميز بارتفاع الكفاءة وانخفاض التكلفة. تصنع فونية الغاز من عود بوص رفيع وبه ثقب حوالي ٧٠ مم وتثبت في الجزء العلوي من ماسورة الخلط. وتصنع ماسورة الخلط من الفخار بطول حوالي ١٢٠ مم وقطر داخلي ٧ مم وتنتهي بطربوش به حوالي ٤٠ ثقباً بقطر ١٥ مم حيث تثبت الرتينة. ويوجد عاكس فخار مربوط بقلاب وظيفة يمكن فكه، أعلى الطربوش وبه بعض الفتحات التي تساعده على خروج غازات الاحتراق.



٢-٨ التسخين

يستخدم الغاز الحيوي في جميع أعمال التسخين والتتدفئة. ويمكن تعديل المعدات المستخدمة لتلائم الغاز الحيوي، فقد استخدم في تدفئة مزارع الدواجن و تستهلك المدفأة عادة حوالي ٥٠٠ لتر/ساعة (قطر فتحة الغاز ٣٢ مم). كما يمكن تعديل سخان مياه (١٠ لتر/دقيقة) ليعمل بالغاز الحيوي. ويستهلك السخان حوالي  $\frac{3}{2}$  متر<sup>٣</sup>/ساعة.

#### ٤-٨ التبريد

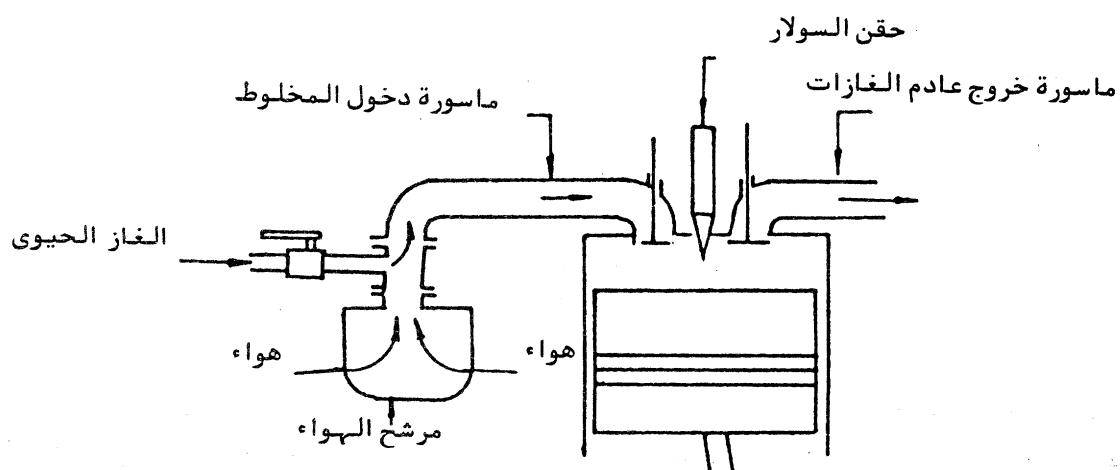
يمكن استخدام الغاز مباشرة في أعمال التبريد باستخدام نظام الامتصاص. وهو النظام الذي يتم فيه تسخين محلول التبريد بدلاً من ضغطه. ويختصر تعديل معدات التبريد من هذا النوع لنفس الأسس التي تم ذكرها في تطوير المواقف. وعامة فإن التبريد بهذا النظام يتميز بانخفاض الكفاءة وتستهلك الثلاجة الصغيرة (حجم ١٨٠ لتر) حوالي ١٥ م<sup>٣</sup>/في اليوم.

#### ٥-٨ انتاج الطاقة الميكانيكية

يعتبر الغاز الحيوي وقوداً جيداً لتشغيل الماكينات سواء дизيل أو البنزين. ويستخدم الغاز الحيوي في تسيير السيارات وذلك بعد ضغطه في اسطوانات تحت ضغط مرتفع (١٦٠ جوي) أو تعبئته في خزانات بلاستيك أو مطاط خفيفة الوزن وذلك تحت ضغط منخفض (١٠ سم عمود ماء). وقد استخدم الغاز الحيوي في تسيير السيارات بنجاح في الصين والفلبين وببلاد أخرى. ويفضل استخدام الغاز في تشغيل الماكينات الثابتة مثل مضخات المياه ومولدات الكهرباء. ويحسن استخدام الغاز عملية الاحتراق حيث تتنخفض كمية الدخان وتقل نسبة أول أكسيد الكربون في غازات الاحتراق. ويمكن انتاج ١ حصان باستخدام حوالي ٥٥ م<sup>٣</sup> غاز حيوي في الساعة.

#### ٦-٨ تعديل ماكينات дизيل

تعمل ماكينات дизيل بكفاءة بمخلوط дизيل والغاز. وهناك ضرورة لاستخدام ٥-١٠ في المائة من وقود дизيل كبادئ اشتعال وعلى ذلك يمكن للماكينة ان تعمل بانتظام باستخدام ٩٠ في المائة غاز حيوي وتنتج حالياً في الهند ماكينات ديزل تعمل بالديزل أو مخلوط дизيل والغاز الحيوي. ويتم تعديل ماكينات дизيل بعمل وصلة للتغذية بالغاز بين مرشح الهواء وناسورة الدخول كما هو موضح في الشكل ٥٩.



الشكل ٥٩ - تعديل ماكينات дизيل لعمل بالغاز الحيوي

ويتم تشغيل الماكينة عادة بالديزل أولاً حتى تسخن ثم يفتح محبس الغاز تدريجياً وبالتالي يتم عمل المنظم على تقليل كمية الديزل المغذي. وعلى ذلك فإن ماكينات الديزل يمكن أن تعمل بأي نسبة من الغاز في حدود ٩٠ - ١٠٠ في المائة غاز من الوقود الكلي. وهو ما يعتبر ميزة حيث يمكن اختيار النسبة الملائمة لكمية الغاز المنتجة. وعند ايقاف الماكينة يفضل إغلاق الغاز أولاً ثم تركها لتعمل على الديزل لفترة قصيرة لازالة أي آثار من أكسيد الكبريت تكون قد تكونت من احتواء الغاز الحيوي على مركبات الكبريت.

#### ٧-٨ تعديل ماكينات البنزين

يمكن أن تعدل ماكينات البنزين لتعمل باستخدام ١٠٠ في المائة من الغاز الحيوي. وإن كان يفضل عند بدء تشغيلها استخدام البنزين للسهولة. ويتم تعديل الماكينة بتركيب وصلة لامداد بالغاز وخلطه وذلك بين مرشح الهواء والكاربوريتر. والوصلة شبيهة بتلك المستخدمة في ماكينات الديزل (الشكل ٥٩). ويتم خرطها عادة من الألومنيوم وتكلفتها زهيدة. ويتم تشغيل الماكينة على البنزين حتى تسخن ثم يغلق صمام البنزين ويفتح صمام الغاز تدريجياً ويفضل أن يكون ذلك بعد حوالي ١/٢ دقيقة حتى يكون معظم البنزين قد استهلك وتضبط فتحة الغاز المطلوبة. ويفضل أن يتم التحويل من البنزين إلى الغاز والماكينة محملة نصف تحميل حتى لا تسبب كمية الغاز الزائدة في البداية في اعاقة التشغيل. ومن المفيد تشغيل الماكينة على البنزين أيضاً لفترة قبل ايقافها كما سبق ذكره. ويفضل أن تزال مركبات الكبريت من الغاز حتى لا تتسرب في تأكل الماكينة. ولا تقل كفاءة الماكينة عادة عند تشغيلها على الغاز ولكن القدرة تنخفض إلى ٩٠ في المائة وأحياناً أقل نظراً لاحتواء الغاز الحيوي على نسبة مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون.

#### ٨-٨ انتاج الطاقة الكهربائية

يمكن انتاج الطاقة الكهربائية من الغاز الحيوي باستخدام أي من المولدات المدارية بماكينات الديزل أو البنزين. ويحتاج كل كيلووات/ساعة إلى حوالي ٦٠-٧٠ م٣ غاز. وتتجدر الاشارة إلى ان تحويل الغاز إلى كهرباء لاستخدامه في الاضاءة يرفع الكفاءة إلى عدة اضعاف.

ويمثل انتاج الطاقة الكهربائية والميكانيكية أهمية خاصة بالنسبة لوحدات انتاج الغاز الحيوي حيث يمكن أن تستخدم الطاقة المفقودة في تبريد الاسطوانات وطاقة عوادم الغازات في ضبط درجة حرارة الهاضم ومن ثم رفع كفاءته بأقل التكاليف. كما ان انتاج الطاقة الكهربائية قد يكون حال في حالة عدم وجود أوجه استخدام مباشر للغاز في نفس المزرعة، حيث يمكن انتاج الطاقة الكهربائية وتوصيلها بالشبكة العمومية وبذلك يمكن تدعيم انتاج الكهرباء في المنطقة.

إنشاء وحدات انتاج الغاز الحيوي

يمكن تقسيم عمليات إنشاء نظم انتاج الغاز الحيوى الى العمليات الاساسية الآتية:

- تسكين نظم انتاج الغاز الحيوى.
- اعمال الحفر الالازمة لانشاء وحدات انتاج الغاز الحيوى.
- إنشاء وحدات انتاج الغاز الحيوى.
- تعديل الحظيرة.
- استقبال المحلول المهضوم.
- تركيب خط الغاز.
- تعديل معدات استخدام الغاز.
- اختبار وحدات انتاج الغاز.

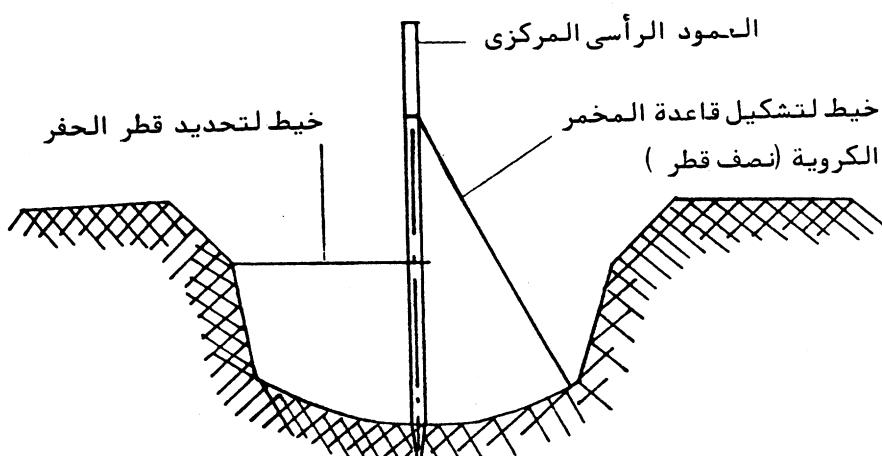
#### ١- تسكين نظام انتاج الغاز الحيوى

عند تسكين نظام انتاج الغاز الحيوى يجب اختيار المناطق الملائمة لذلك بحيث تتيح الاستخدام الأمثل للمنطقة المتاحة وبحيث تلبى الاحتياجات الأساسية للنظام دون تأثير ضار على المنشآت القائمة. ونظراً لأن وحدة انتاج الغاز الحيوى تنشأ على اعماق كبيرة فيجب مراعاة عدم تأثير المنشآت القائمة بأعمال الحفر. والاهتمام بتدبير مساحة ملائمة لتداول السماد بعد عملية الهضم.

#### ٢- الحفر

حدد عمق الحفر اللازم للوحدة المراد إنشاؤها. ويجب مراعاة الأبعاد الملائمة للتربة الذي يكون عادة ٣٠ سم لكل متر بالنسبة للتربة الطينية الثقيلة و ٦٠ سم لكل متر بالنسبة للتربة الخفيفة. أما بالنسبة للتربة الرملية فيجب أن لا تقل عن ٩٠ سم لكل متر لمنع الانهيارات. ويجب وضع معظم الاتربة بعيداً عن حافة منطقة الحفر.

استعمل دليلاً كما هو موضح في الشكل ٦٠ لحفر القطر اللازم وتشكيل قاع الهاضم على شكل كروي



الشكل ٦٠- استخدام العمود الرأسى كدليل لحفر منطقة إنشاء الهاضم وتشكيل القاعدة الكروية

في حالة الرغبة في ذلك. يمثل الخيط المربوط والذي يتحرك افقيا نصف قطر الحفر في حين يكون طول الخيط المثبت في نقطة علوية يعادل قطر الجزء الكروي وبحيث يشكل الطرف الآخر من الخيط الجزء الكروي عند تحريكه. وتتجدر الاشارة الى أهمية ازالة الاتربة والوصول الى الطبقة الشابة حتى تكون ملائمة لصب الخرسانة. وفي حالة عدم ثبات التربة فيجب تثبيتها بالدك او باضافة أحجار او رمل.

### ٣- انشاء وحدات انتاج الغاز الحيوي

#### ١-٣ الوحدات من الطراز الهندي المعدل

تتكون الوحدات من الطراز الهندي من قاعدة خرسانية مستوية وجدار اسطواني وشفة تجميلية وتوجيه الغاز ويركب فيها دليل خزان الغاز، وأخيراً الجزء الاسطواني العلوي.

صب القاعدة: يجب التأكد من ان الابعاد مطابقة للتصميم بعد عملية الحفر. كما يجب التأكد من استواء ارضية القاعدة وذلك قبل بدء عملية صب الخرسانة، واستخدم لذلك الغرض ميزان مياه.

- جهز المواد الالازمة للخرسانة مع مراعاة ان يكون قطر حبيبات الزلط في حدود ٢٠-١٥ مم، ورمل خشن خال من الاتربة والمواد العضوية وأسمنت بورتلاندي.

- جهز خرسانة بالنسبة التالية: ١ أسمنت + ٢ رمل (نيس) + ٤ زلط (كري) الحجم وهذه النسبة تعادل ٣٠٠ كجم اسمنت + ٤٠٣ رمل + ٨٣ زلط لكل متر مكعب من الخرسانة.

- قلب الخرسانة جيدا على الجاف.

- حافظ على كمية المياه المستخدمة في الحدود المعقولة لتقليل نفاذية الخرسانة مع مراعاة التقليل جيدا.

- صب القاعدة من التسوية والدك والمحافظة على السمك الملائم لطبقة الخرسانة حسب التصميم.

- دوام على رش الخرسانة بالماء اعتبارا من اليوم التالي صباحا ومساء لعدة أيام.

بنك الجدار الاسطواني: يتم بناء الجدار الاسطواني على النحو التالي:

- حدد مركز الوحدة وثبت به مسامرا واربط به خيطا بطول نصف القطر.

- حدد مكان الجدار برسم دائرة على الخرسانة بالطباشير.

- نظف مكان الجدار من الاتربة والرماد حتى لا يسبب فاصللا.

- ابدأ ببناء الصف الأول من الطوب وحافظ على الاستدارة. ويستخدم طوب أحمر أو طوب أسمنتي مسمنط ويفضل أن يبلل بالماء قبل استخدامه في البناء.

- استخدم صونة جيدة بمعدل ٣٠٠ كجم أسمنت بورتلاندي لكل ١ م٣ رمل.

- حاول أن تكون المسافة بين الطوبة والطوبة أصغر ما يمكن وأن تكون مملوقة بالصونة.

- دق على الطوبة لتلامس الطوبة المجاورة وثم دق دقة خفيفة من أعلى وذلك لتشبيت الطوبة وتقليل الفراغات.

- استمر في البناء مع المحافظة على قطر الهاضم ومراعاة أن يكون الحائط رأسياً.

- نظف الجدار من الداخل من أي صونة عالية أو بارزة وذلك باستعمال خيشة لتسهيل أعمال المحارة فيما بعد.

تشبيت ماسورتي التغذية والخروج: ثبت ماسورة التغذية وماسورة الخروج على الارتفاع المحدد، ولتحقيق ذلك:

- ثبت الجزء السفلي على كرسي من الطوب على الارتفاع اللازم والجزء العلوي على فرع شجر أو أي شيء ملائم، بحيث تكون نهايتها على الارتفاع المطلوب.

- لاحظ أن نهاية ماسورة الخروج العلوية يجب أن تكون أدنى نهاية ماسورة الدخول بحوالى ١٠ سم على الأقل.

- استمر في بناء الجدار الاسطواني مع مراعاة التقفيل جيدا حول الماسورة.

- نظرا لأن منطقة التقاء الماسورة بالجدار تكون عرضة للتسريب، فيجب الاهتمام بها واحتاطة الماسورة بالصونة من الداخل لمنع تسرب الماء.

- اردم حول جدار الهاضم من الخارج أولا بأول مع الدك الجيد.

- استمر في أعمال البناء حتى تستكمل البناء حول المواسير وتعلوها بعدة مداميك (صفوف).

- صب خرسانة حول المواسير من الخارج لتقوية الجدران في هذه المنطقة.

- استمر في أعمال البناء للجزء الاسطواني مع المحافظة على القطر حتى تصل إلى بداية الشفة.

بناء الشفة: تمثل الشفة أهمية خاصة حيث تقوم بتوجيه الغاز الى داخل خزان الغاز ويتم عمل الشفة كما يلي:

- ابن صف الطوب عند بادية الشفة بنفس الطريقة المعتادة مع ادخال الطوب الى الداخل ليكون بروزاً مقداره ٣ سم، مع ملء الجزء الخلفي ليظل الجدار مستمراً من الخارج.
- استمر في تكرار ذلك لعدة صفوف حتى يصل عمق البروز الداخلي الى ١٠ سم على الأقل.
- اضبط سطح الشفة ليكون افقياً تماماً.

تشبيت دليل خزان الغاز: يجب تشبيت الدليل في داخل مبني الشفة ويتم ذلك على النحو التالي:

- حدد مكان الدليل.
- ضع الدليل فوق سطح الجدار بحيث تكون ماسورة الدليل في مركز الهاضم.
- تأكد من أن ماسورة الدليل رأسية تماماً واستخدم لذلك ميزان مياه أو ميزان خيط، حتى تسهل حركة الخزان دون حدوث احتكاك.
- استمر في بناء الشفة حتى نهايتها.
- تأكد من أن سطح كمرات الدليل العلوية متطابقة مع سطح الشفة.

بناء الجزء الاسطواني العلوي: استمر في بناء الجزء الاسطواني العلوي بنفس القطر السابق، ونظراً لأن خزان الغاز يركب في هذا الجزء فيجب المحافظة على القطر والاستدارة حتى لا يحدث أي احتكاك بين خزان الغاز وجدار الهاضم ولتحقيق ذلك:

- ركب خيط في ماسورة الدليل بطول نصف قطر الهاضم.
- حرك الخيط مع أعمال البناء كدليل.
- ارفع مكان تشبيت الخيط كلما تقدم البناء ليظل الخيط افقياً. (نظر الشكل ٦٦).
- استمر في أعمال البناء حتى تصل الى الارتفاع المطلوب.
- داوم على رش المبني اعتباراً من اليوم الثاني ولمدة عدة أيام.

**حجرة الدخول:** بعد تحديد مستوى أرضية الحجرة، تتم عملية الإنشاء على النحو التالي:

- دك الأرض جيداً.
- صب القاعدة بالخرسانة بالسمك المطلوب.
- ثبت بوابة الدخول في مكانها.
- ابن الجدران بالطريقة المعتادة مع مراعاة التقفيل حول البوابة.
- ثبت جواويف (مسمار تثبيت في الخرسانة) الخلط على الارتفاع المطلوب.

**حجرة الخروج:** بعد تحديد مستوى قاعدة الحجرة تتم عملية الإنشاء على النحو التالي:

- دك الأرض جيداً.
- صب القاعدة بالخرسانة.
- ابن الجدران حسب الرسم.

**المحارة (التلبيس):** تستخدمن محارة جيدة لمنع تسرب الماء من الهاضم وذلك في الجدران من الداخل فقط ويفضل أن تكون المحارة من ثلاث طبقات على النحو التالي:

**الطبقة الأولى:** فرشة من الاسمنت المذاب في الماء ويضاف إليها سيليكات الصوديوم بنسبة ١ في المائة من كمية الاسمنت. وتكرر هذه العملية مرتين كبطانة مع مراعاة تغطية السطح بأكمله.

**الطبقة الثانية:** محارة سماكتها ٤-٥ سم مع كبسها جيداً وتشغل بعد نصف ساعة من الطبقة الأولى. ويراعى الكبس جيداً أثناء التشغيل مع إعادة الكبس ثانية بعد ساعة. ويكون مخلوط هذه الطبقة من ١ أسممنت + ٢٥ رمل ناعم، خال من الشوائب (قطر أقل من ١ مم) + ٢٠ جير معلق + سيليكات صوديوم (بمعدل ١ في المائة من وزن الاسمنت). يطأطأ الجير رأساً ويتحول إلى مخلوط غليظ القوام ويتم نخله قبل اضافته. ويجب مراعاة أن يتم خلط المكونات جيداً للحصول على مونة متجانسة على أن تستعمل مباشرة.

**الطبقة الثالثة:** فرشة اسمنت مثل الطبقة الأولى مع التنعيم.

- داوم على رش المحارة اعتباراً من اليوم الثاني ولمدة أسبوع.

## ٢-٣ الوحدات من طراز البوردا المعدل

ت تكون الوحدات من طراز البوردا من قاعدة كروية أو مخروطية أو مستوية من الخرسانة ثم الجدران، ويكون الجزء السفلي فيها على شكل قطعة كروية (جزء من نصف الكرة) من الطوب ثم شفة خرسانية وفيها يتم تركيب الدليل ثم الجزء العلوي وهو اسطواني من الطوب وفيه يتحرك خزان الغاز.

صب القاعدة: يجب التأكد من مطابقة أرضية القاعدة للمواصفات بعد أعمال الحفر.  
في حالة صب قاعدة مستوية اتبع نفس الخطوات التي تم ذكرها سابقا في الهواضم الهندية واستعمل نفس خليط الخرسانة.

في حالة صب قاعدة كروية الشكل اتبع الخطوات التالية:

- جهز الدليل الرئيسي كما هو موضح في الشكل ٦٠ وثبته في مركز الهاضم.
- اربط الخيط بطول نصف قطر القاعدة الكروية.
- حرك الخيط وتأكد من وجود فراغ يعادل سمكافة الخرسانة.
- جهز خلطة خرسانية بنسبة ١ أسمنت: ٤ رمل: ٤ زلط مع اضافة كمية المياه الملائمة للحصول على خرسانة متمسكة.
- صب القاعدة واستخدم الخيط للمحافظة على سمكافة الخرسانة.
- دك الخرسانة أولا بأول لتقليل الفراغات.
- ريش القاعدة اعتبارا من اليوم التالي للصب واستمر في ذلك لعدة أيام.

بناء الجزء الكروي: ويستخدم لذلك طوب جيد وحاد الأطراف ليتحمل الضغوط الواقعة عليه. كما تستخدم مونة جيدة بمعدل ١ أسمنت: ٤ رمل. ولبناء الجزء الكروي:

- حدد مركز الجزء الكروي وإذا كانت القاعدة كروية يكون المركز مرتفعا عن القاعدة.
- ثبت خيطا في نقطة مركز الكرة بطول نصف قطر الهاضم بحيث يحدد الطرف الآخر من الخيط شكل الكرة عند تحريكه في الاتجاهات المختلفة.
- حدد مكان الصف الأول باستخدام الخيط، وعلمه بالطباشير.
- نظف مكان الجدار من الأتربة والرماد وأغسله بالماء ثم رشه بالفرشة بأسمنت مذاب في الماء لتنقية الرابطة بين الطوب والقاعدة.

ابداً بناء الصف الأول من الطوب.

اضغط على الطوب بدقة خفيفة من الجنب حتى تضغط على المونة وتلامس الطوب المجاورة. ويمثل تلامس الأطراف أهمية خاصة في مثل هذه الابنية نظراً لأنها تحمل بعد البناء مباشرة. كما يجب تقليل الفراغات بالدق الخفيف على الطوب من أعلى.

استمر في بناء الصفوف التالية مسترشداً بالخيط مع مراعاة زيادة المونة في الجزء الخارجي حتى تتحنى الطوبة قليلاً وبذلك يتكون الشكل الكروي.

بعد الانتهاء من بناء أي صف من الطوب، استخدم حبيبات من الزلط بأحجام ملائمة ودقتها بين كل طوبتين من الجهة الخارجية وبذلك يصبح البناء متبايناً.

داوم على تنظيف الجدار من الداخل، من المونة المعلقة والبارزة لتسهيل أعمال المحارة فيما بعد.

حدد مكان الجدار الأوسط مع بناء جزء منه في الأطراف.

داوم على الردم والدك حول الجدار كلما ارتفع البناء حوالي ٣٠-٤٠ سم وتأكد من أن يكون الدك جيداً لمنع انهيار الجدران أو تشقيقها.

ثبت ماسورتي التغذية والخروج كما سبق ذكره في الهواضم الهندية.

استمر في أعمال البناء بنفس الطريقة حتى تقترب من الارتفاع المطلوب ولا حظ قطر الدائرة العلوية.

ثبت الدليل في المكان المخصص له كما هو موضح في الشكل ٦١ ولا حظ أن تكون ماسورة الدليل رأسية تماماً وتتوسط الفتحة العلوية.

اكمل البناء حتى تصل إلى الارتفاع المطلوب وتأكد من أن قطر الدائرة العلوية مطابق لما هو موجود في الرسم.

غط الجزء الخارجي من القبو بالمونة العادية لزيادة المتانة.

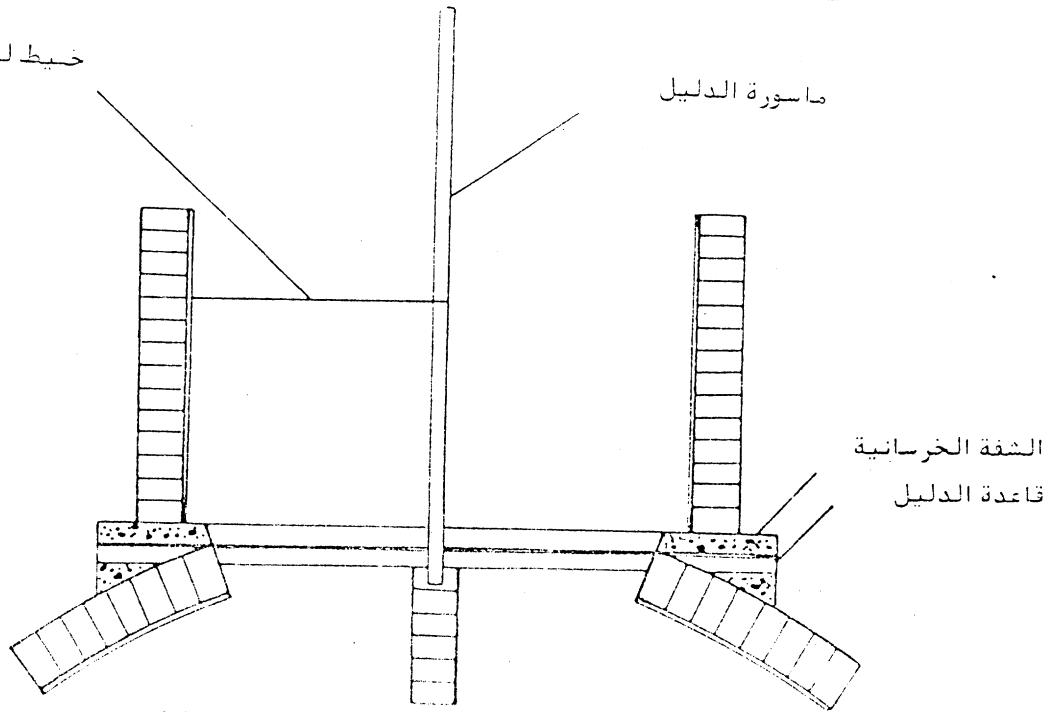
اردم ما حول الجدار من الخارج ودكه.

**صب الشفة الخرسانية:** يتم تجهيز قاعدة للجدار الاسطواني من صبة خرسانية كما هو موضح في الشكل ٦١. ويتم ذلك على النحو التالي:

- استخدم قطعاً من الأحجار أو الخشب أو الطوب لعمل حاجز دائري للصبة.
  - جهز خرسانة جيدة ومتلائمة بنسبة ١ أسمنت + ٢ رمل + ٤ زلط.
  - صب القاعدة بالارتفاع المطلوب.
  - اضبط سطح القاعدة ليكون أفقياً تماماً حيث أنه يستخدم كقاعدة لخزان الغاز.
  - انزع الحاجز بعد الشك (التماسك) المبدئي للخرسانة (بعد حوالي ساعتين).
  - أردم حول القاعدة ودكه.
- بناء الجزء الاسطواني العلوي: نظراً لأن ماسورة الدليل تكون في مركز الجزء الاسطواني تماماً، يمكن استخدام خيط بطول نصف القطر بحيث يرتكز على الماسورة من ناحية، بينما تكون الناحية الأخرى حرة وتحدد موضع الجدار كما هو موضح في الشكل ٦١.



خيط لبناء الجزء الاسطواني



الشكل ٦١ - تثبيت الدليل وبناء الجزء الاسطواني العلوي

- استمر في بناء الجدار مستعيناً بالخيط كدليل مع مراعاة رفع الخيط كلما ارتفع البناء بحيث يظل الخيط افقياً تماماً، وذلك حتى تصل إلى ارتفاع الجدار المطلوب.

- داوم على تنظيف الجدار من الداخل من المونة البارزة أو أي شوائب لتسهيل أعمال المحارة.

**بناء الجدار الأوسط:** يفضل استكمال بناء الجدار الأوسط (الفاصل) بعد الانتهاء من بناء الجدران الرئيسية لتسهيل الحركة. ويتم بناؤه بالطريقة العادلة حتى يصل إلى سطح الشفة.

**بناء حجرات الدخول والخروج:** يتم بناء حجري الدخول والخروج كما سبق توضيحه في الهواضم الهندية.

**المحارة (التلبيس):** تستخدم محارة جيدة كما سبق ذكره في الهواضم الهندية. ويجب تمثيل الجدار الأوسط من ناحية واحدة لمنع التسرب بين الحجرتين ولزيادة التماسك.

### ٣-٣ الوحدات من الطراز الصيني - المصري

تنشأ الوحدات من الطراز الصيني - المصري عادة تحت سطح الأرض. وهي عبارة عن منشأ من الطوب على شكل نصف كرة ولها قاعدة كروية أو مخروطية أو مستوية. ويوجد أعلى الجزء الكروي فتحة للتلفتيش. كما يوجد حجرة للتغذية وأخرى لخروج محلول الهاضم.

**صب القاعدة:** يتم صب القاعدة كما سبق توضيحه في الهواضم البوردا حسب النوع المطلوب سواء الكروي منه أو المستطح.

**بناء جدران الهاضم الكروية:** تجدر الاشارة إلى أهمية استخدام طوب جيد أحمر أو أسمنتي، نظراً لأن جدران الهاضم تتعرض لضغط التربة والاجسام المتحركة فوق الهاضم. وفي حالة استخدام طوب أسمنتي يجب أن يكون غير مفرغ وأن تكون حوافه حادة ويفضل استخدام طوب مقاس  $6 \times 12 \times 25$  سم أو  $10 \times 20 \times 30$  سم ويستخدم لذلك خليط ١ حجم أسمنت + ٢ حجم رمل + ٤ حجم زلط أو كسر أحجار بأحجام صغيرة.

يجب خلط المكونات بشكل جيد ورش الطوب اعتباراً من اليوم الثاني صباحاً ومساءً لمدة أسبوع على الأقل. وتتم أعمال البناء على النحو التالي:

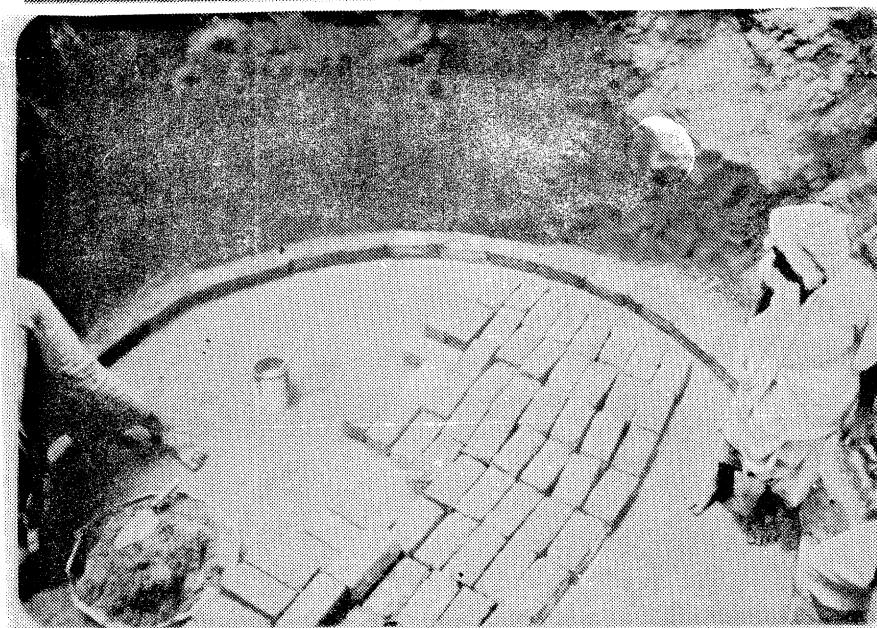
- حدد مكان المركز واربط به خيطاً بطول نصف قطر الهاضم.
- حدد مكان الصف الأول بعمل علامة بالطباشير.
- نظف مكان الجدار كما سبق توضيحه.
- استخدم مونة جيدة بنسبة ١ حجم أسمنت بورتلاندي + ٤ حجم رمل.

ابداً ببناء أول صف للطوب ويجب مراعاة ضبط افقية الجدار. وفي حالة وجود أي عيوب في ميول القاعدة يفضل اصلاحها في بناء الصف الأول ويستخدم لذلك ميزان مياه (الشكل ٦٢).

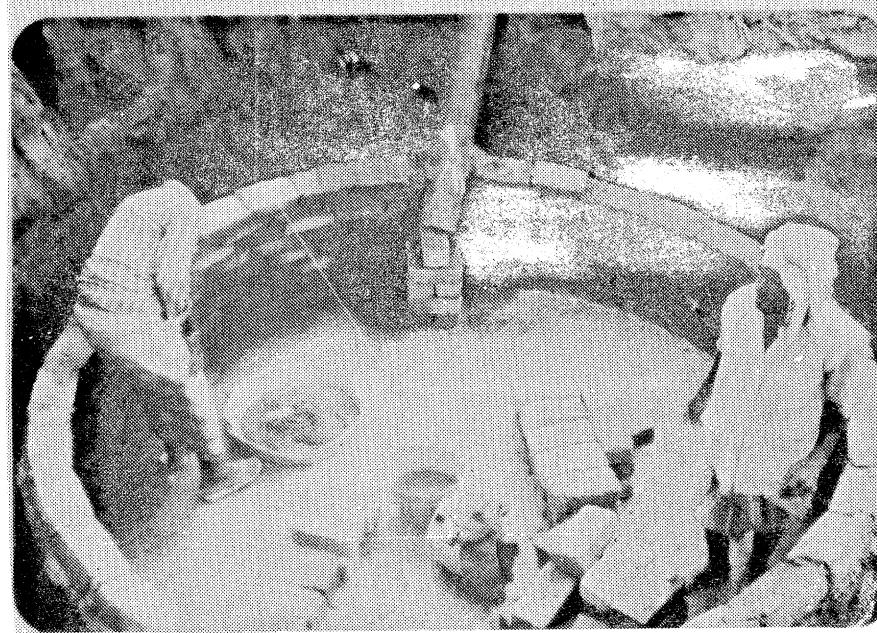
- تسهيل اعمال البناء واستخدام الخيط كدليل لبناء الجدران الكروية، يجب أن يخزن طوب وبناء بطريقة أفقية كما هو موضح في الشكل ٦٣ لها ضم افقي القاعدة. تجنب تكويم الطوب في اكواخ أعلى من ارتفاع الجدار وقت البناء.
- اضغط على الطوبة لتلامس الطوب المجاورة ودق عليها دقة خفيفة لتقليل الفراغات وزيادة ثباتها.
- استمر في اعمال البناء واستعمل الخيط باستمرار.
- لاحظ ان السطح العلوي للطوبة يجب أن يكون مماساً للخيط في جميع الارتفاعات، وذلك يستدعي أن تكون طبقة المونة من الناحية الخارجية للجدار أعلى منها قليلاً بالنسبة للداخل.
- غط السطح الخارجي لجدار الهاضم بطبقة سمك حوالي ١سم من مونة البناء لتنقية الجدار.
- وكلما تم بناء ٤-٥ صفوف من الطوب، اردم ودك دكا جيداً بالرمال أو الأتربة حول الهاضم وذلك لتسهيل اعمال البناء ولحماية جدار الهاضم من الانهيارات والتشققات.
- اقفل الفواصل بين الطوب من الجهة الخارجية باستخدام زلط بأحجام ملائمة مع الدق الخفيف حتى يكون الصف وحدة واحدة متصلة.
- استمر في اعمال بناء الجزء الكروي حتى تصل لارتفاع الملامئ لتشبيت ماسورة الدخول.
- ثبت الماسورة على كرسي من الطوب المرصوص بدون مونة وذلك من الناحية السفلية كما في الشكل ٦٤.
- ثبت الطرف الآخر من الماسورة على فرع شجرة أو على الأتربة إذا كانت تسمح بذلك.
- ضع مونة حول الماسورة لمنع تسرب المياه من حولها ثم ابن حولها مع مراعاة تثبيت الفواصل بكسر طوب أو زلط حتى تكون دائرة الطوب قوية ومتصلة.
- اردم حول الجدار ودكه أولاً بأول لتسهيل اعمال البناء ولحماية المنشأ.
- استمر في البناء حتى تصل إلى مستوى فتحة الخروج.



الشكل ٦٢ - بداية بناء جدار  
الهاضم ويستخدم خيط لتحديد  
موقع الجدار وميزان مياه  
لضبط افقية الصف الأول



الشكل ٦٣ - الصف الأول من البناء  
مع مراعاة تخزين الطوب افقيا



الشكل ٦٤ - تثبيت ماسورة الدخول

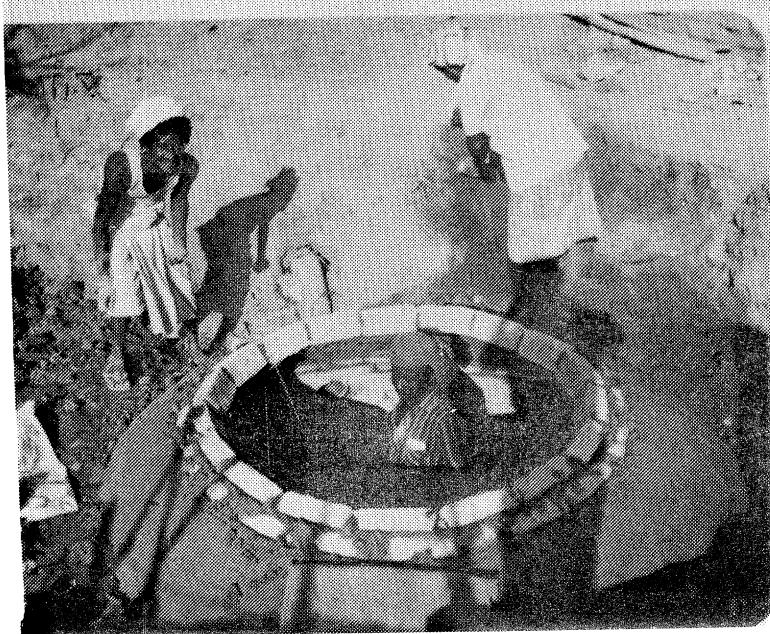
- ثبت ماسورة الخروج كما سبق وكما هو موضح في الشكل ٦٥.
- حاول ان تكون بداية الماسورة مع بداية الجدار من الداخل مع وجود بروز صغير حوالي ١سم للتففيف حول الماسورة.
- استمر في اعمال البناء واستعن بالخيط الدليل لضبط القطر وللتتأكد من ان ميل الطوب لايزيد عن ميل الدليل كما هو موضح في الشكل ٦٦.
- داوم على دق قطع من الاحجار او الزلط بين الطوب من الخارج وبعد انتهاء بناء كل دائرة لمنع انهيار الطوب.
- غطِ الهاضم بطبقة مونة من الخارج لزيادة الصلابة وكررها كلها تم بناء عدة صفوف من الطوب كما هو موضح في الشكل ٦٧.
- داوم على ردم ودك الجزء المبني لتسهيل الحركة.
- استمر في اعمال البناء بنفس الطريقة مع ملاحظة انه كلها اقتربت القبة من النهاية كلما ازدادت صعوبة البناء حيث تصبح الطوبة عرضة للسقوط بعد بنائها.
- استخدم طوبا جافا في هذه المرحلة كما يفضل ان يساعد عامل البناء عامل آخر في مسك آخر طوبة حتى يتم بناء طوبة بجوارها وهكذا كما هو موضح في الشكل ٦٨.
- استخدم انصاف طوب في الاقطان الصغيرة للقبو وذلك لتسهيل اعمال البناء وتقليل الفقد في الطوب.
- غطِ الجزء المبني بالمونة من الخارج.
- داوم على تنظيف سطح المباني من الداخل وذلك بمسحه بقطعة قماش أو خيش قبل أن تجف المونة.
- اردم الجزء المبني بالأثربة ثم دكه.
- يفضل بناء الجدار الاوسط في هذه المرحلة.
- ابدأ بناء الجدار ليفصل الهاضم الى حجرتين، في احداهما فتحة ماسورة التغذية وفي الاخرى فتحة ماسورة الخروج.



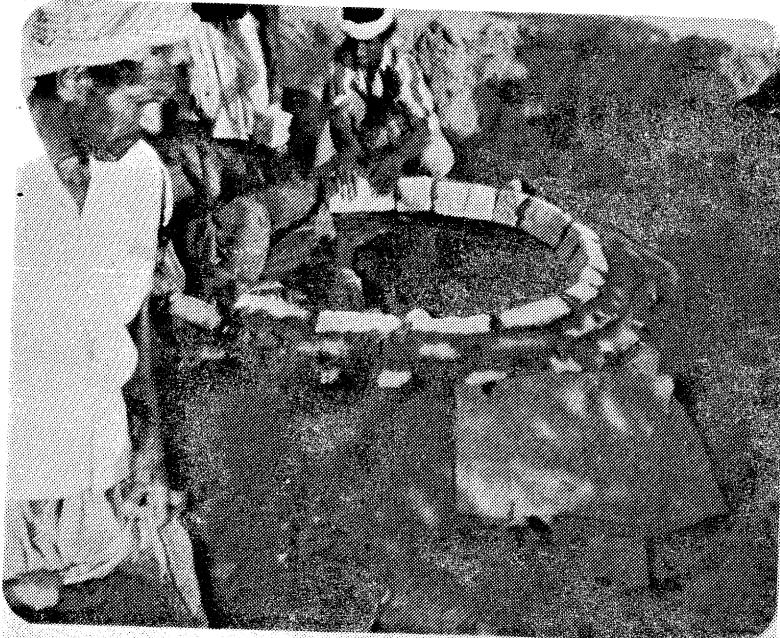
الشكل ٦٥- تثبيت ماسورة الخروج



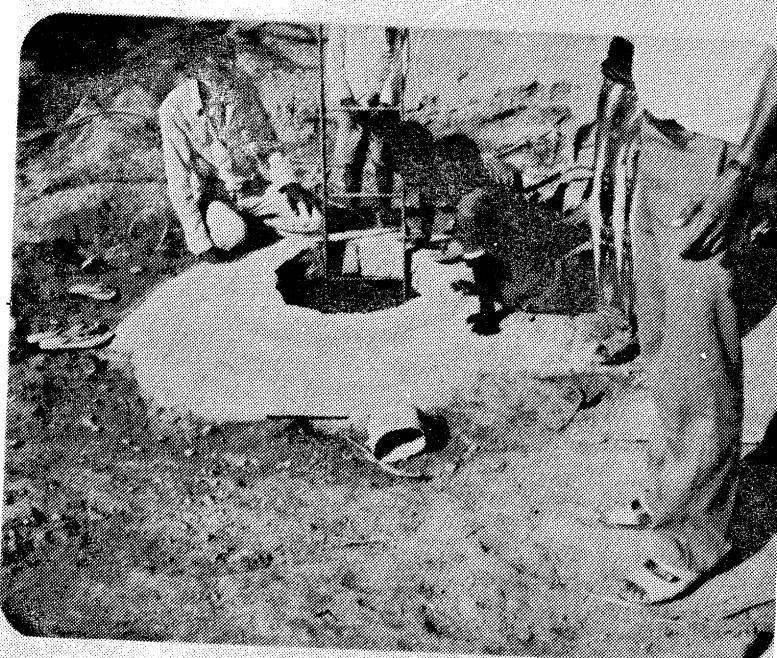
الشكل ٦٦- ضبط ميل الطوب  
كماس لخيط المركزي



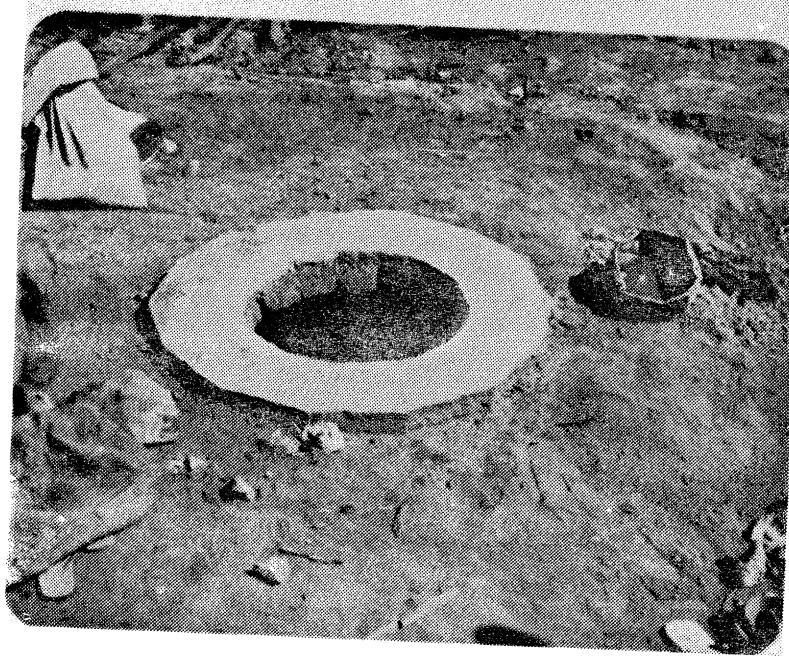
الشكل ٦٧- تغطية جدار الهاضم  
بالمونة من الخارج



الشكل ٦٨ - بناء المراحل الأخيرة  
من القبو مع سند الطوبية لمنع  
انهيارها حتى يتم بناء طوبية  
بجوارها وهكذا



الشكل ٦٩ - استكمال القبو  
وتغطيته بالموئلة



الشكل ٧٠ - صب قاعدة الرقبة

لاحظ أن الجدار ناقص ويجب أن يكون ملائماً لجدار الهاضم من ناحية الفتحات بينما يبعد بحوالي ٥٠ سم عن الجدار من الناحية الأخرى، بمعنى أن الجدار يكون أقصر من طول الخط القاطع لجداري الهاضم بحوالي ٥٠ سم.

حاول أن تربط الجدار الأوسط بجدار الهاضم باستخدام المونة.

استمر في أعمال البناء مع ملاحظة المحافظة على الفتحة المقدرة بحوالي ٥٠ سم على جميع الارتفاعات وذلك حتى تصل إلى مستوى يقل عن مستوى فتحة الخروج بحوالي ١٠ سم.

توقف عن بناء الجدار الأوسط عند هذا المستوى على أن يستكمل بعد استكمال أعمال المحارة.

استمر في أعمال بناء القبو حتى يصير قطر الفتحة حوالي ٦٠-٥٥ سم وهو القطر الملائم لفتحة التفتيش وعندئذ تتوقف أعمال البناء.

غطِّ بقية الهاضم بالمونة كما هو موضح في الشكل ٦٩.

تأكد من نظافة جدار الهاضم من الداخل وفي حالة وجود مونة بارزة أو معلقة استخدم قطعة خيش لازالتها.

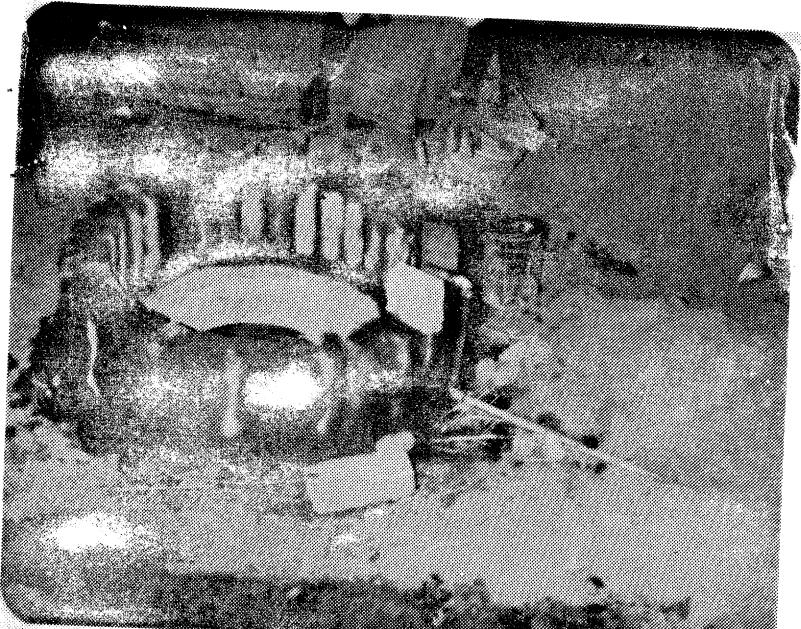
أكمل ردم معظم سطح الهاضم بالأتربة واترك المنطقة الوسطى دون ردم.

صب قاعدة للرقبة من المونة كما هو موضح في الشكل ٧٠.

ابن الرقبة (حجرة التفتيش) بالقطر الملائم كما هو موضح في الشكل ٧١. ويمكن استخدام القرص الخشبي المستخدم في صب الغطاء كدليل لضبط الاستدارة.

أكمل بناء الرقبة بطوبية أكثر عرضاً من الجزء السفلي (ثلاثي طوبية) لتكون شفة وذلك لزيادة قوة الرقبة كما في الشكل ٧٢. مع مراعاة تحريك الطوب قليلاً إلى الخارج لت تكون شفة داخلية ملائمة لتفطية فتحة التفتيش.

بناء حجرة الخروج: يفضل بناء حجرة الخروج قبل بناء قبة الهاضم وذلك لتسهيل أعمال الردم والدك حول الهاضم. ويبدأ بناء الحجرة عندما يصل البناء في قبة الهاضم إلى مستوى أعلى من قاعدة حجرة الخروج وذلك على النحو التالي:



- ٨٨ -

الشكل ٧١ - بدء بناء الرقبة



الشكل ٧٢ - بناء شففة الرقبة  
الخارجية والداخلية



الشكل ٧٣ - تمحير الهاضم من الداخل

- اردم أرضية القاعدة ودكها دكا جيدا واستمر في ذلك حتى تصل الى الارتفاع المطلوب.

- تأكد من أن أرضية القاعدة ثابتة ومستوية.

- صب قاعدة الأرضية بالخرسانة حسب الأبعاد الموضحة بالرسم مع ملاحظة ان تكون القاعدة افقية تماما.

- إبن جدران الحجرة حسب الرسم وبالارتفاع المطلوب وشكل فيها فتحة خروج محلول الهاضم (الثائض) حسب الارتفاع المقصود.

- اردم حول الحجرة ودكه.

بناء حجرة التغذية: يفضل بناء حجرة التغذية بعد استكمال بناء الهاضم نظرا لارتفاع مستوى اهتما ويتم ذلك على النحو التالي:

- حدد مستوى أرضية قاعدة الحجرة.

- اردم ودك جيدا حتى المستوى المطلوب ويفضل ان تكون المنطقة المخصصة للحجرة غير محفورة

- اضبط مستوى الأرضية ليكون افقيا.

- صب القاعدة بالخرسانة وبالسماكة المطلوبة مع ملاحظة المحافظة على افقية سطح القاعدة.

- ثبت بوابة دخول المخلفات الى ماسورة التغذية في القاعدة الخرسانية.

- إبن جدران الحجرة وراعي تثبيت فتحات دخول الروث والبول والمياه المستخدمة ان وجدت.

- ثبت جواويط القلاب اليدوي.

- أكمل بناء الجدران.

المحارة (التلبيس): يستخدم الجزء العلوي من الهاضم كخزان غاز تحت ضغط مرتفع نسبيا. ولذلك تعتبر عملية المحارة في غاية الاهمية في هذا النوع من الاجهزة. وطبقا للنظام الصيني فإنه يفضل اجراء محارة من سبعة طبقات بـنظام خاص (11) مع اجراء بعد التعديلات الطفيفة وهي كما يلي:

الطبقة الأولى: فرشة بمحلول اسمنت في الماء مضاف اليه ١ في المائة سيليكات الصوديوم ويمكن تكرارها بحيث تتم تغطية السطح بأكمله.

الطبقة الثانية: بعد نصف ساعة من وضع الطبقة الأولى، يتم تغطية السطح بطبقة محارة سماكتها ٥مم. وتكون الخلطة من ١ حجم اسمنت + ٣ حجم رمل ناعم (قطر اقل من ١مم). ويفضل اضافة سيليكات الصوديوم بنسبة ١ في المائة من كمية الاسمنت.

عند استخدام المحارة يجب الضغط جيدا لتقليل المسام كما هو موضح في الشكل ٧٣. وتكرر عملية الكبس بعد حوالي ساعة.

الطبقة الثالثة: تغطى بالفرشة كما هو موضح في الطبقة الأولى وتتم بعد ساعتين من وضع الطبقة الثانية.

الطبقة الرابعة: وتتم بعد نصف ساعة من وضع الطبقة الثالثة. وفيها تتم تغطية السطح بطبقة محارة سماكتها ٥مم. وتكون الخلطة من ١ حجم اسمنت + ٢ حجم رمل ناعم مع اضافة سيليكات الصوديوم بنسبة ١ في المائة ويتم معاملتها كما موضح بالنسبة للطبقة الثانية.

الطبقة الخامسة: وتتم بعد ساعتين من وضع الطبقة الرابعة. وفيها تتم تغطية السطح بفرشة اسمنت كما هو موضح في الطبقة الأولى.

الطبقة السادسة: وبعد انتهاء نصف ساعة على وضع الطبقة الخامسة، تتم تغطية السطح بطبقة محارة سماكتها ٥مم. وتكون الخلطة من ١ حجم حجم اسمنت + ٢ حجم رمل ناعم مع اضافة سيليكات الصوديوم بنسبة ٢ في المائة.

يجب الضغط جيدا على المحارة لتقليل المسامية ويكرر الضغط بعد حوالي ساعة ويمكن استخدام محلول اسمنت للتنعيم.

يجب أن تكون طبقة المحارة ناعمة جدا مع عدم وجود أي رمال بارزة أو آثار تجريح من الرمال.

الطبقة السابعة: وتوضع بعد مرور اسبوع على وضع طبقات المحارة السابقة. وتتم تغطية السطح الجاف بعدة طبقات من محلول شمع برافين مذاب في كيروسين.

يمكن تغطية أجزاء الهاضم التي يجب منع تسرب المياه منها، بثلاث طبقات أو خمس طبقات كما هو موضح أعلاه. وهذه المناطق هي الجزء السفلي من الهاضم وحجرة التغذية وحجرة الخروج.

**استكمال الجدار الأوسط:** نظراً لأن الجزء العلوي من الحاجز الداخلي يلامس منطقة خزان الغاز، فيجب استكمال بنائه بعد اتمام عمليات المحارة جماعها. ويجب توخي الحرص حتى لا تتأثر منطقة خزان الغاز بعملية البناء ويجب الا يلامس الحاجز منطقة خزان الغاز. لذا يجب وضع شريحة من البلاستيك أو المطاط بين الحاجز وجدار المخمر حتى لا تتأثر منطقة خزان الغاز.

نظراً لأن الحاجز قد يكون عائقاً عند الدخول أو الخروج من الهاضم لذا يجب استكمال بناء المنطقة المقابلة لفتحة التفتيش بمونة طينية أو بدون مونة وذلك في الصفين العلويين.

**استكمال أعمال الردم:** تستكمل أعمال الردم حول الهاضم وفوقه ويراعى الانتقال طبقة الاتربة فوق القبة وعند الرقبة عن ٢٥ سم.

**صب غطاء الهاضم:** يفضل عمل فورمة معدنية أو خشبية للغطاء وذلك لتسهيل أعمال الصب والحصول على الأبعاد المطلوبة للغطاء. وفي حالة تعذر عمل فورمة فيمكن الاستعاضة عنها بقطع قرص من خشب الأبلكاش الرقيق بقطر ٧٢ سم وتتم احاطة القرص بحاجز من الطوب لتشكيل الغطاء.

يتم صب الجزء السفلي ويراعى الدك والهز جيداً لتقليل المسام وتتوسع اسياخ التسلیح ومتازة الغاز وأيدي الغطاء ويستكمل الصب حتى الوصول إلى السمك المطلوب وهو حوالي ٧ سم.

يراعى دك الخرسانة جيداً لمنع الفراغات.

يزال الطوب بعد حوالي ساعتين وتتم تسوية أي عيوب في الجوانب.

**محارة غطاء الهاضم:** نظراً لأن الغطاء يكون في منطقة خزان الغاز فيجب تمحيره جيداً كما وضح أعلاه في تمحير منطقة الغاز في الهاضم وذلك باستخدام نظام السبع طبقات.

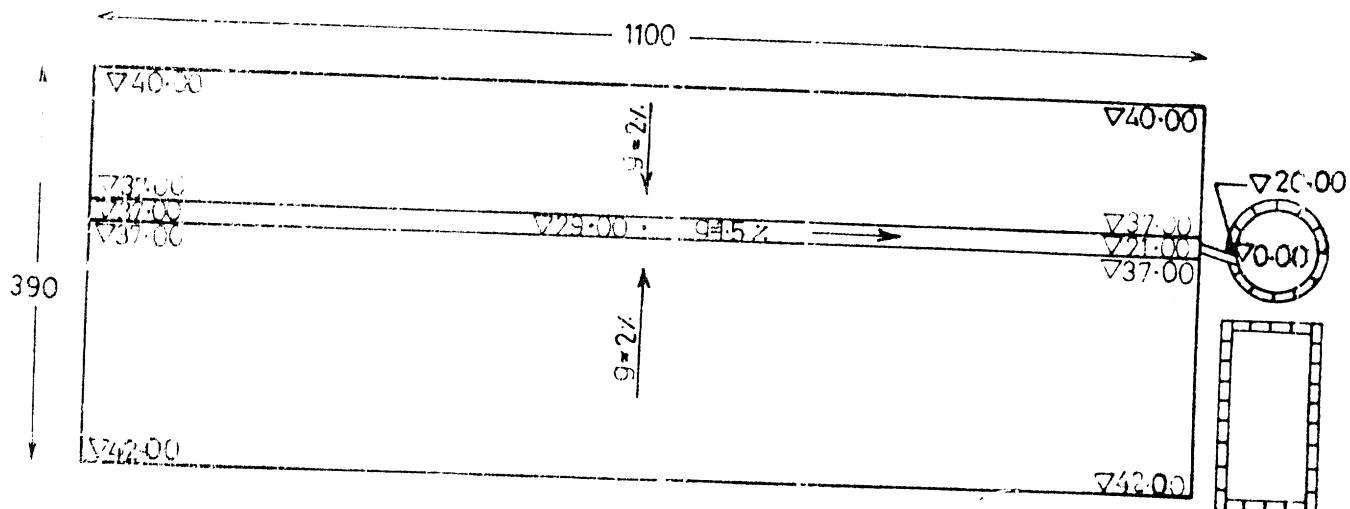
#### ٤- تعديل الحظيرة

يعتبر تعديل الحظيرة من الأشياء المهمة في حالة إنتاج الغاز الحيوي. ويجب مراعاة الميل بحيث ينساب البول تلقائياً إلى حجرة التغذية ليتجمع هناك ثم يخلط مع الروث المتجمد. ويمكن اختيار المناسبات الملائمة حسب شكل الحظيرة.

ويوضح الشكل ٧٤ المناسبات المختلفة لحظيرة بارتفاع ٣٩ × ١١ متر<sup>(٦)</sup>.

يجب أن يكون هناك ميل يعادل ١١/٢ سم لكل متر في ارضية الحظيرة عمودي على اتجاه قناة البول لكي تسمح بانسياب مياه البول مباشرة إلى القناة.

الشكل ٧٤ - تتعديل ميول الخطيرة



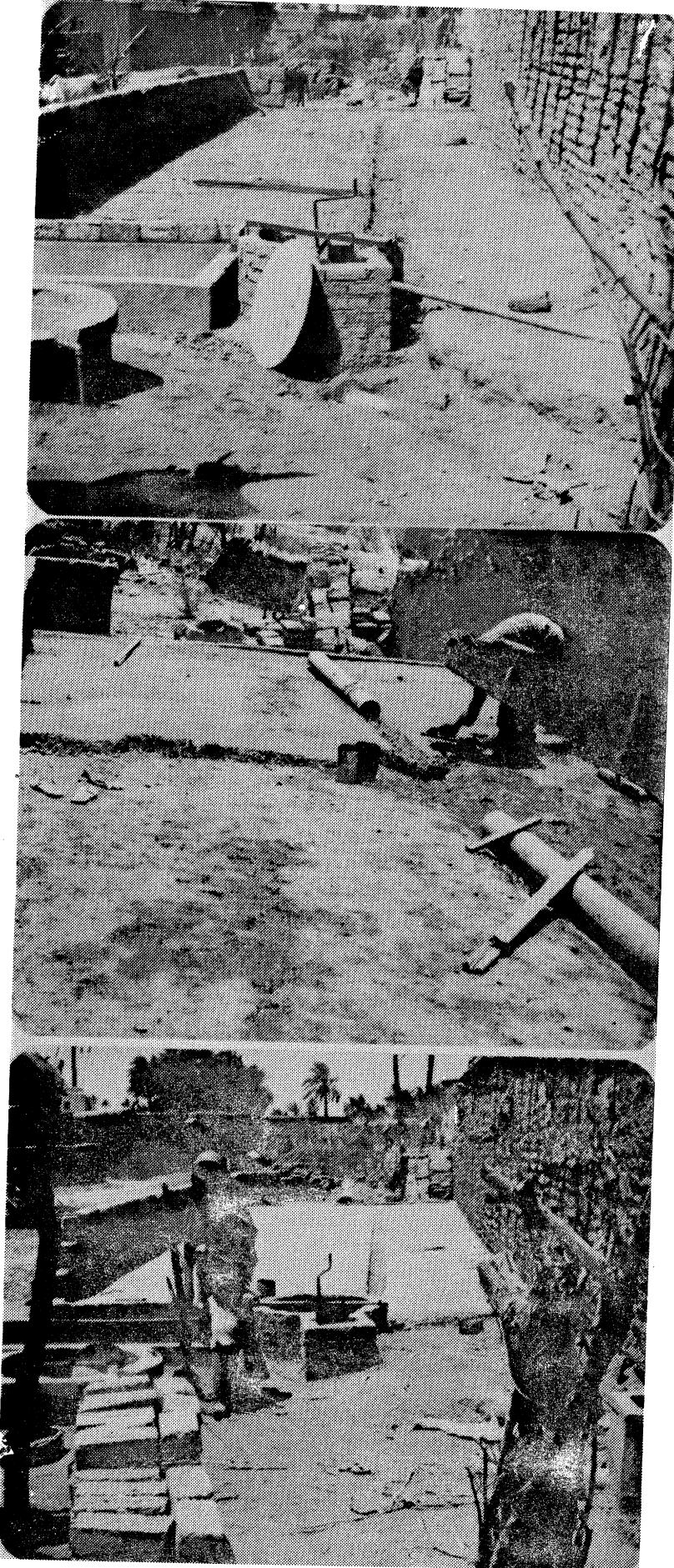
الابعاد بالسنتيمترات

يجب ان يكون الميل في قناة البول في حدود ١٥-١٧ سم لكل متر حتى يتيسر سريان البول الى حجرة التغذية.

وفي حالة اعتبار أن مستوى حجرة الخروج يساوي صفر فان مستوى نهاية قناة البول يجب ان يكون أعلى من ذلك بحوالي ٢٠ سم على الاقل حتى يسمح بتجميع وخلط المخلفات والمناسيب موضحة في الشكل ٧٤.

ولتشكيل مناسبات ارضية الحظيرة فيجب اتباع الآتي:

- حدد نقطة الصفر في ارضية الحظيرة فيجب اتباع الآتي:
  - حدد الارتفاعات الأخرى في الحظيرة كما هو موضح في الشكل.
  - ولتحقيق المناسبات المختلفة استخدم قطعا من اسياخ الحديد باطوال تلائم المناسبات المختلفة. ولقياس الارتفاعات بالضبط استخدم ميزان الخرطوم مع دق علامات لارتفاعات المختلفة.
  - زود المناطق المنخفضة بالاتربة أو الرمال ودكها جيدا مع الرش حتى تحصل على ارضية ثابتة وبالمناسبات الملائمة كما في الشكل ٧٥<sup>(٦)</sup>.
  - جهز خلطة خرسانية جيدة بنسبة ١ حجم اسمنت: ٢ حجم رمل : ٤ حجم زلط (كري) وقلبها جيدا واستعمل كميات ملائمة من المياه حتى تحصل على مخلوط متماساك.
  - صب الحظيرة مع دكها جيدا وتسويتها مع المحافظة على الميل واستخدم ماسورة بقطر ٦-٨ بوصة لتشكيل مجاري البول مع تحريكها باستمرار (الشكل ٧٥ ب).
  - حافظ على استمرارية ميل قناة البول كما هو موضح في الشكل ٧٥ ج<sup>(٦)</sup>.
  - استكمل صب الحظيرة.
- في حالة التوقف بعض الوقت، اهتم بربط الخرسانة الجديدة بالقديمة باستخدام اسمنت مذاب في الماء ورشها على الفوائل.
- حافظ على سماكة الخرسانة في حدود ٨-١٠ سم.
- داوم على رش الخرسانة صباحا ومساء لمدة أسبوع اعتبارا من اليوم التالي للصب.



أ- تشكيل المناسيب باستخدام  
الأتربة والرمل ودكها جيدا

ب- صب الطبقة الخرسانية مع  
المحافظة على الميول واستخدام  
ماسورة لتشكيل قناة البول

ج- الشكل النهائي للحظيرة  
وفيها يظهر بوضوح قناة  
تجميع البول وحجرة الخلط

الشكل ٧٥- تعديل أرضية الحظيرة

## ٥- منشآت استقبال وتداول محلول المهضوم

يستخدم محلول المهضوم عادة كسماد عضوي ويمكن استخدامه كمحلول مباشرة في التسوييد ولكن نظراً لأن عمليات التسوييد تكون موسمية لذلك يلزم تخزين محلول المهضوم إما في صورة سائلة أو صلبة ويستدعي التخزين في صورة سائلة انشاء خزانات كبيرة يتاسب حجمها مع فترة التخزين الازمة ويكون حجم الخزان عادة أكبر من ضعف حجم الهاضم، مما يجعل عملية التخزين بهذه الطريقة مرتفعة التكاليف.

هذا بالإضافة إلى أن استخدام السماد في صورة سائلة يعتبر غير مألف وصعب بالنسبة لمعظم المزارعين.

وعلى ذلك يفضل تخزين السماد في صورة صلبة سهلة التداول. ويمكن اجراء هذه العملية بطريقتين.

الطريقة الأولى: التجفيف المباشر بأشعة الشمس مع إضافة بعض المخلفات العضوية والأتربة لتساعد على الجفاف وتقليل فقد في النيتروجين. وتقسم المساحة المخصصة للتجفيف إلى جزأين، يستقبل أحدهما محلول المهضوم في حين يترك الآخر ليجف وينقل إلى الحقل وهكذا.

الطريقة الثانية: خلط محلول المهضوم بكميات كبيرة من المخلفات الزراعية للحصول على مخلوط يحتوي على حوالي ٥٠٪ في المائة رطوبة وبذلك يمكن كسره لإنتاج سماد عضوي مع المحافظة على العناصر السمادية للمحلول المهضوم.

ويتم ذلك إما باستخدام المنطقة المجاورة للوحدة لعمليات الخلط والتكتيم حتى تنهض هوائياً أو بتثبيط وبناء جدران لمنع تسرب محلول المهضوم وفقدته.

(١٢) ويفضل صب القاعدة بالخرسانة وبناء حوضين بارتفاع حوالي ٤٠-٥٠ سم، على أن يستخدم أحد الحوضين لنقع المخلفات حتى تتشرب بالمحلول ثم تكوم في أكوام مرتفعة في نهاية الحوض حتى يمتلئ الحوض الأول ويترك لينهض ثم يستخدم الحوض الثاني. وينقل المخلوط من الحوض الأول ويكون في كومة كبيرة في الحقل ويترك حتى موسم الزراعة ليستخدم كسماد عضوي.

## ٦- تركيب خط الغاز

يفضل توصيل الغاز من الوحدة إلى المطبخ باستخدام مواسير حديد مجلفن أو كلوريد البولي فينيل. ويجب عمل قلاووظ جيد وطويل حتى يسمح بالربط الجيد للوصلات.

ويستخدم بتيومين أو بوية في أعمال الربط لمنع تسرب الغاز من الوصلات.

يجب اختبار الوصلات قبل تركيبها والتتأكد من خلوها من العيوب التي قد تؤدي إلى تسرب الغاز.

يجب أن يكون خط الغاز بعيداً عن أماكن المرور وفي الأماكن الخارجية يمكن أن يكون الخط مغموراً في الأرض وذلك بحفر قناة للخط مع مراعاة الميل اللازم لتجميع المياه المتكتفة ثم يغطى الخط بالأرتبة لحمايته (الشكل ٧٦).

تتأكد من أن مصافي المياه قد تم تركيبها في المناطق المنخفضة.  
ويفضل بناء ساتر حول المصيدة لمنع الأرتبة أو الرمال من سدها.

#### ٧- تعديل معدات استخدام الغاز

##### ١-٧ المواد

- استخدم المثقب اليدوي أو الكهربائي لتوسيع فتحة الغاز (الفونية) حسب التصميم.
- وسع فتحات اللهب أيضاً بنفس الطريقة للقطر المطلوب.
- صغر فتحة دخول الهواء الأولى أما بتحريك القرص أن وجد حتى تحصل على الفتحة الملائمة أو بعمل غطاء من الصاج لفتحة الهواء الأولى وثقبه حسب اللزوم.

##### ٢-٧ المصابيح (الكلوبات)

- استخدم المثقب لتوسيع فتحة الغاز (الفونية) أو باستخدام البنطة (رأس المثقب) يدوياً.
- ثقب ثقب قطره ١٠ مم في وسط الطريوش الذي تركب عليه الرتينة.
- صغر فتحات الهواء الأولى كما تم توضيحه في المقاد وراسب لون الرتينة حتى تحصل على الإضاءة البيضاء الناصعة.

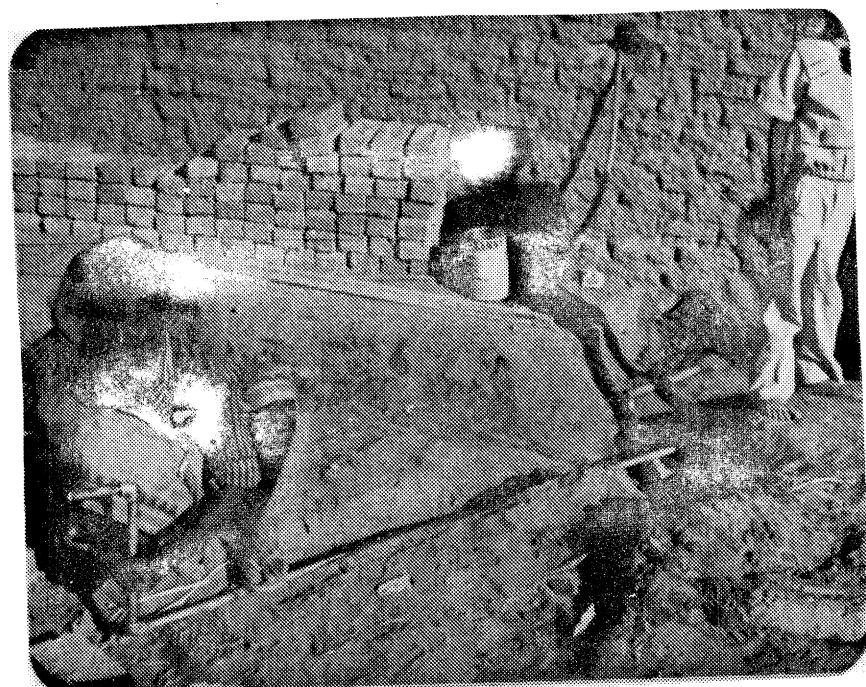
#### ٨- اختبار وحدات إنتاج الغاز الحيوي

##### ١-٨ الوحدات ذات الخزان الطافي (الهندي والبورد)

اختبار الهاضم: يجب مراعاة أبعاد الهاضم وأن تكون مطابقة للتصميم، وأن تكون المناسبات ملائمة.

إختبار طبقة المحارة بالتأكد من أن الطبقة متماسكة مع الطوب وذلك بالطرق الخفيف على طبقة المحارة باستعمال مطرقة خشبية ناعمة.

الشكل ٧٦ - تركيب شبكة الغاز



تأكد من أن نقط التقاء المواسير والدليل مع جدران الهاضم مغطاة جيداً بالمحارة حيث أن هذه النقط تكون عادة أماكن تسرب للمياه.

عند وصول المنشآت إلى ٧٠ في المائة من قوته يمكن اختباره بالماء. ويتم ذلك بملء الهاضم بالماء حتى مستوى التشغيل العادي. وبعد تشرب السطح بالمياه يتم عمل علامة توضح مستوى المياه، ويراقب مستوىها.

ويعتبر المنشآت مقبولاً إذا كان النقص في مستوى المياه بحد أقصى ١ سم كل ٢٤ ساعة.

وفي حالة زيادة معدل التسرب عن المستوى المسموح به فيجب تحديد منطقة التسرب وأصلاحها.

اختبار خزان الغاز المعدني: يجب أن تكون اللحامات جيدة لمنع تسرب الغاز، على أن يتم إصلاح أي عيوب في اللحامات إن وجدت.

يتم اختبار التسرب من الخزان المعدني بملئه بالماء ولاحظة أي تسرب أو رشح للماء وأصلاح أي عيوب إن وجدت.

وفي حالة التأكد من عدم وجود أي تسرب من الخزان يعاد اختباره مضغوطاً بالهواء. ويتم ذلك بإغلاق محبس خروج الغاز ويوضع الخزان في مكانه بالهاضم بعد ملء الهاضم بالماء فيطفو الخزان ويصبح الهواء المحبوس تحت ضغط مساوٍ لضغط التشغيل. تذاب ملعقة من مسحوق غسيل في كوب ماء وتستخدم للكشف عن تسرب الهواء في أماكن اللحامات والأماكن الأخرى المحتمل التسرب منها، وباستخدام محلول الصابون تتكون فقاعات تكبر في أماكن وجود التسرب.

ولزيادة التأكيد يمكن قياس مستوى الخزان ومتابعته بعد ٢٤ ساعة. ويشير الانخفاض في مستوى الخزان إلى التسرب.

## ٢-٨ الوحدات المضغوطة بالماء (الهاضم الصيني - المصري)

يجب التأكيد من الأبعاد والمناسبات ومطابقتها للتصميم.

تأكد من أن السطح الداخلي للهاضم ناعم تماماً ولا توجد به خدوش أو فراغات أو نتوءات رملية.

تأكد من أن طبقة المحارة ملتصقة جيداً بالطوب وذلك باستخدام مطرقة خشبية ناعمة مع المدق الخفيف ولاحظة الصوت.

تأكد من عدم وجود أي تشوهات بالمحارة.

تأكد من أن طبقة الشمع تغطي السطح بأكمله.

**اختبار تسرب الماء:** يملأ الهاضم بالماء ويترك فترة ليتشرب ثم يتم وضع علامة على مستوى الماء في الهاضم وتنتم ملاحظة مستوى المياه بعد ٢٤ ساعة.

إذا اتضحت أنه ليس هناك انخفاض محسوس في مستوى المياه، اعتبر الهاضم ملائماً.

**اختبار تسرب الغاز:** يخفض منسوب المياه في الهاضم إلى مستوى فتحة الخروج. ثم يغلق غطاء الهاضم جيداً باستخدام طبقة من الطين المتجلد ويكتبس ويوضع فوقه كمية من الماء وتوصى ماسورة خروج الغاز بمانومتر لقياس الضغط. يعاد ملء الهاضم بالماء من فتحة الدخول أو الخروج. ونظراً لأن الهاضم مغلق فإن إضافة المياه تؤدي إلى ضغط الهواء المحبوس داخل الهاضم ومن ثم يرتفع الضغط في المانومتر.

استمر في إضافة المياه حتى يصل الضغط إلى ضغط التشغيل وهو حوالي ٨٠ سم عبود ماء.

راقب الضغط في المانومتر خلال ٢٤ ساعة، وإذا كان التغير في الضغط قليلاً ولا يتجاوز الانخفاض ٣ في المائة اعتبر الهاضم ملائماً للتشغيل (١١).

تشغيل وحدات انتاج الغاز الحيوى

تعتبر عملية الهضم اللاهوائي لانتاج الغاز الحيوي من العمليات الحيوية المعقدة. ولاتمامها بنجاح يجب أن تتم المراحل المختلفة في توازن تام. ولتحقيق ذلك يجب التحكم في العوامل المختلفة المؤثرة في العمليات الحيوية لتصل قريباً من الظروف المثلث حتى ترتفع كفاءة الهضم. واجمالاً فان تحلل المواد العضوية يتم على مراحلتين اثناء عملية الهضم اللاهوائي. في المرحلة الأولى يتم هضم المواد العضوية وتحويلها الى أحماض عضوية بسيطة وذلك بتأثير نوع من الكائنات الدقيقة يعرف بالبكتيريا المكونة للأحماض. وفي المرحلة الثانية يتم تحويل الأحماض العضوية الى غازي الميثان وثاني أكسيد الكربون (الغاز الحيوي) وذلك بتأثير نوع آخر من الكائنات الدقيقة يعرف ببكتيريا الميثان.

ولتسهيل تشغيل وحدات انتاج الغاز الحيوي يجب التعرف على العوام المختلفة المؤثرة على كفاءة تحويل المادة العضوية الى غاز حيوي. وكذلك المواد العضوية المستخدمة في الهضم.

#### ١- العوامل المؤثرة على انتاج الغاز الحيوي<sup>(٩)</sup>

إلى جانب ضرورة اجراء عملية الهضم بمعدل عن الهواء فهناك العديد من العوامل التي تؤثر في انتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية ولعل أهمها درجة الحرارة، درجة الحموضة، نسبة الكربون الى النيتروجين، تركيز المادة الصلبة، زمن البقاء، معدلات التحميل، والمواد السامة للبكتيريا.

##### ١-١ درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة بدرجة كبيرة على عملية الهضم وانتاج الغاز الحيوي ويوجد نوعان من البكتيريا: النوع الميزوفيلي والنوع الترموفيلي. ودرجة الحرارة المثلث للهضم الميزوفيلي هي ٣٧-٣٥°C. كما يمكن انتاج الغاز عند درجات الحرارة العادلة ٢٥-٢٠°C، ولكن معدلات انتاج الغاز تنخفض بدرجات كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة، اما درجة الحرارة المثلث للهضم الترموفيلي فهي ٦٠-٥٥°C. ولتوسيع آثر الحرارة على معدلات انتاج الغاز نأخذ مثلاً ان انتاج الغاز يعادل ١٠٠ في المائة عند درجة الحرارة المثلث للهضم الميزوفيلي (٣٧°C) فانه يرتفع الى ٢٥٠ في المائة عند الهضم الترموفيلي وينخفض الى اقل من ٢٥ في المائة عند درجة الحرارة ٢٠°C.

##### ٢-١ درجة الحموضة

تحتاج الكائنات الدقيقة في الهضم اللاهوائي الى وسط متعادل لتمكن من الاداء بكفاءة. ورغم أن بكتيريا التحلل وتحويل المواد العضوية الى أحماض يمكن أن تعيش في ظروف حمضية حتى ٤ س ايديروجيني يعادل ٥٥ الا أن بكتيريا الميثان تعمل بكفاءة في حدود ٤ س ايديروجيني يعادل ٦٨-٦٥. وفي حالة اجراء عملية الهضم يحدث توازن بين بكتيريا تكوين الأحماض وبكتيريا انتاج الميثان ويظل الاس ايديروجيني قريباً من ٧. وفي حالة بدء التشغيل يفضل استخدام بادئ أو استخدام تركيزات منخفضة من المادة العضوية للالسراع بالوصول الى مرحلة التوازن.

### ٣-١ نسبة الكربون الى النيتروجين (C/N)

تحتاج بكتيريا الاحماض (Methane-forming bacteria) وبكتيريا الميثان (acid-forming bacteria) الى الكربون والنيتروجين لنموها وتسهلكهما بنسبة ٣٠-٢٥ كربون الى ١ نيتروجين وهو ما يطلق عليه أن نسبة الكربون الى النيتروجين المثلث في الهضم اللاهوائي تعادل ٣٠-٢٥. ويحتوي روث الماشية والاغنام على هذه النسبة تقريبا ولكنها تتغير بشدة تبعاً للمادة العضوية المستخدمة كما هو موضح في الجدول (٨) ومن ثم يجب المحافظة على النسبة المطلوبة بخلط المخلفات بالنسبة المائة.

### ٤ تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية

يتراوح تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية بالنسبة للاجهزة المستمرة بين ١٠-٨ في المائة حيث تحافظ هذه النسبة على سريان مناسب وتمكن تكون الاحماض بمعدلات اكبر من استهلاكها مما يحافظ على التوازن المنشود في عملية الهضم. وفي بعض عمليات الهضم المحسنة قد يتم رفع نسبة المادة الصلبة الى ١٤-١٢ في المائة لتقليل المتطلبات الحرارية وتحسين الاقتصاديات كما أن عمليات الهضم الجاف للمخلفات الصلبة مثل القش والاحاطاب والقمامه تتم في تركيزات مرتفعة قد تصل الى ٢٥ في المائة. ونظراً لتكون الاحماض في هذه الحالة يضاف عادة مواد مساعدة مثل كربونات الكالسيوم للمساعدة على التوازن.

### ٥ معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل)

درجة التحميل بالمادة العضوية هي كمية التغذية اليومية بالماء العضوية مقسومة على حجم الهاضم. وتمثل معدلات التغذية بالمادة العضوية أهمية كبيرة اذ يرتفع انتاج الغاز بزيادتها ولكن الى حد معين، وتسبب زيتها بدرجة كبيرة، تراكم الاحماض العضوية نظراً لعدم تمكن بكتيريا الميثان من تحويل الاحماض الى غاز الميثان بالمعدلات المطلوبة مما قد يسبب توقف انتاج الغاز. وتختلف معدلات التغذية بالمادة العضوية حسب تركيب المادة العضوية ونوع الهاضم المستخدم وظروف التشغيل.

### ٦ زمن بقاء محلول في الهاضم

زمن بقاء محلول في الهاضم هو متوسط عدد الايام التي يقضيها محلول داخل الهاضم. وزمن البقاء الملائم تتحمه عوامل كثيرة منها ظروف التشغيل مثل درجة الحرارة وطبيعة المادة العضوية المستخدمة وسهولة هضمها ونوع الهاضم المستخدم. ويكون زمن البقاء عادة حوالي ٤٠ يوماً بالنسبة لـهضم روث الماشية في الظروف العادية بدون تسخين والحد الادنى لزمن البقاء تحدده سرعة تكاثر البكتيريا حيث ان انخفاضه عن الفترة اللازمة لتكاثر البكتيريا يساعد على خروج البكتيريا وتناقصها من الهاضم (زمن الغسيل) مما يسبب توقف او انخفاض انتاج الغاز. وتحكم بالحد الأقصى لزمن البقاء عوامل اقتصادية حيث ان زيتها تساعده على زيادة حجم الهاضم ومن ثم زيادة تكاليف انتاج الغاز.

### ٧-١ المواد المشبطة في التغذية

تعتبر المضادات الحيوية والمبيدات والمنظفات الصناعية والمعادن الثقيلة مثل الكروم والنikel والنحاس والزنك مشبطة للكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بانتاج الغاز الحيوي. كما قد يسبب ارتفاع تركيز الامونيا الذي ينجم عن انخفاض نسبة الكربون الى النيتروجين تسمم للبكتيريا.

**الجدول ٨- كمية الغاز الحيوي الممكن انتاجه من المواد المختلفة (٤، ١١)**

مواد التغذية	مخلفات حيوانية	انتاج الغاز	نسبة الكربون	نسبة الميثان
<b>مخلفات حيوانية</b>				
روث ماشية		٢٥	٢٨٠-٢٦٠	٧٠-٥٠
روث خنزير		١٣	٥٦١	٣٠٠-٢٠٠
روث خيل		٢٠		
ذرق دواجن		١٦	٣٦٠	
<b>مخلفات نباتية</b>				
ياسنت الماء الطازج		٢٠	٦٣٠	٧٠
مخلفات الكتان			٣٧٠	
تبن القمح		٨٠	٤٣٠	٥٩
سرس الارز			٦١٥	
مخلفات المجاري		٨٠		
المخلفات السائلة من مصانع انتاج الكحول			٦٤٠	٥٠
<b>المواد الغذائية</b>				
الكربوهيدرات			٧٥٠	٤٩
الدهون			١٤٤٠	٧٢
البروتين			٩٨٠	٥٠

والحد الأقصى المسموح به للمواد الضارة هو كما يلي :

النحاس	١٠٠ مجم/لتر
الكروم	٢٠٠ مجم/لتر
النيكل	٥٠٠ مجم/لتر
السيانيد	٢٥ مجم/لتر
الصوديوم	٥٠٠٠ مجم/لتر
البوتاسيوم	٤٠٠٠ مجم/لتر
الكالسيوم	٤٠٠٠ مجم/لتر
الماغنيسيوم	١٠٠٠ مجم/لتر
الكبريتات	٥٠٠٠ مجم/لتر
المنظفات الصناعية	٤٠ مجم/لتر

#### ٨-١ استخدام البدائل

عند بدء تشغيل الهاضم يجب إضافة ٥ في المائة من مخلوط هاضم نشط من وحدة انتاج غاز حيوي عاملة يحتوي على البكتيريا اللازمة لعملية الهضم بنسب متوارنة وبأعداد كبيرة. وقد لا يحتاج الامر الى استعمال البدائل في حالة هضم روث ماشية لئنه يحتوي على البكتيريا اللازمة. ولكن إضافة البدائل عامة يساعد على الاسراع في عملية التخمير وانتاج الغاز الحيوي في فترة قصيرة.

#### ٩-١ التقليب داخل الهاضم

وهو من العوامل التي تساعد على رفع كفاءة عملية الهضم وزيادة انتاجية الغاز، وعن طريق التقليب تتجانس مكونات الهاضم وتزداد فرص التلامس بين المخلفات والبكتيريا ويزداد نشاط بكتيريا الميثان مما يؤدي الى ارتفاع معدلات انتاج الغاز. كما يمكن التقليب تكون طبقة الخبث فوق سطح مخلوط الهضم وتيبسها مما يعوق صعود الغاز لاعلى الهاضم.

وعادة يستخدم التقليب اليدوي أو الميكانيكي أو التقليب بإعادة دوران محلول أو الغاز. ولكن في الوحدات العائلية المقترحة في هذا الدليل فإن تكسير الرغوة يتم باستخدام الرئيس المائلة في الخزان والتي تقوم بدورها عند ارتفاع أو انخفاض الخزان بتكسير وتقليل الرغوة وذلك في الأجهزة ذات الخزان الطافي. أما في الأجهزة المضغوطة بالماء فإن حركة محلول أعلى وأسفل مع تغير القطر وجود فاصل في الهاضم يساعد أيضا على تكسير وتقليل الرغوة. وكذلك لا توجد ضرورة لاستخدام تقليل خارجي في مثل هذه الوحدات.

## ٢- المواد العضوية الممكن استخدامها في انتاج الغاز الحيوي (٩)

يمكن استخدام جميع المواد العضوية ولكن عادة تستخدم المخلفات وتمثل المخلفات الحيوانية والأدبية والنباتية ومخلفات الصناعات الغذائية والقمامه أهم المواد المتاحة للاستخدام.

### ١-٢ المخلفات الحيوانية

تمثل مخلفات الماشية أهم المواد لتغذية وحدات انتاج الغاز الحيوي وذلك نظراً لكبر كمياتها واحتواها على العناصر الالازمة للهضم بنسب متوافر تصل نسبة الكربون الى النيتروجين حوالي ٢٥-٢٠ بالإضافة الى احتواها على الفوسفور والبوتاسيوم. وتكتفي مخلفات ٤ حيوانات لانتاج الغاز اللازم لاستهلاك اسرة متوسطة.

### ٢-٢ زرق الدواجن

يعتبر زرق الدواجن من المواد الغنية والملائمة لانتاج الغاز الحيوي رغم احتواه على نسبة مرتفعة من النيتروجين ولذلك يفضل خلطه مع مخلفات عضوية اخرى تحتوي على نسب منخفضة من النيتروجين لضبط نسبة الكربون الى النيتروجين.

### ٣-٢ المخلفات الادمية

تمثل المخلفات الادمية مصدراً هاماً ايضاً لانتاج الغاز الحيوي رغم ارتفاع نسبة النيتروجين بها حيث تصل نسبة الكربون الى النيتروجين الى حوالي ٦-١٠ لانتاج كمية ملائمة من الغاز لاستهلاك اسرة متوسطة العدد يلزم هضم المخلفات الادمية لحوالي ٨٠-١٠٠ فرد.

### ٤-٢ المخلفات الزراعية

تمثل المخلفات الزراعية أهمية كبيرة بالنسبة لانتاج الغاز الحيوي نظراً لتوفر كميات كبيرة منها مثل الارز والتبن والخطب. وان كان يلزم لها معاملة خاصة بالإضافة الى احتياجها الى بعض العناصر الواجب اضافتها مثل النيتروجين حيث تتراوح نسبة الكربون الى النيتروجين بين ٦٠-٨٠ وهي نسبة غير ملائمة للهضم ويفضل خلطها بمواد غنية بالنيتروجين مثل زرق الدواجن وروث الماشية. ويفضل هضمها في الهوامش غير المستمرة (المقطعة التغذية) بطريقة الهضم الجاف.

### ٥-٢ النباتات المائية

تمثل النباتات المائية النهرية آفاقاً واسعة لتعظيم دور الغاز الحيوي في المستقبل. وأهم امثلة على ذلك ياسنت الماء الذي ينمو في الانهار وذبات الكلب (Kelp) الذي يمكن استزراعه في مياه البحار والمحيطات. وقد ظهرت امكانية استخدامها بنجاح في انتاج الغاز الحيوي.

## ٦-٢ المخلفات الصناعية العضوية

تمثل مخلفات بعض الصناعات احتمالات كبيرة لانتاج الغاز الحيوي منها صناعات السكر والنسيج وصناعات تعليب المواد الغذائية ومخلفات صناعة الورق.

القمة ٧-٢

تمثل القماممة مجالاً واسعاً لانتاج الغاز الحيوي وذلك نظراً لاحتوائهما على نسبة مرتفعة من الماء.

### ٣- دعاء تشغيل وحدات إنتاج الغاز الحيوي

### ١-٣ الوحدات ذات الخزان الطافي

تجدر الاشارة الى ان النظام المعهول به في هذا الدليل هو استخدام وحدات انتاج الغاز الذي—ويكون سلعة صرف صحي للحظيرة والمرحاض. وهكذا وبعد بدء تشغيل الوحدات، فإن هناك امداداً مستمراً، المخلفات وهذا يستدعي اختيار الطريقة الملائمة لبدء التشغيل والتي تعرضها هنا يأيجران.

**مل' الهاضم بالمخلفات:** يكون الهاضم عادة مملاوةً بالماء عند الاختبار، لذلك يجب سحب المياه من الهاضم بحيث يتبقى في الهاضم حوالي ثلث الحجم فقط مملاوةً بالماء. وفي حالة وجود فاصل في الهاضم يجب السحب من ناحية التغذية حتى ينخفض مستوى المياه في هذه الحجرة الى منتصف الجدار الأوسط. ويظل مستوى المياه في حجرة الخروج في مستوى ارتفاع الجدار الأوسط. حافظ على هذه المستويات وابدأ في تغذية الهاضم.

يحتاج الهاضم الى كمية كبيرة في التغذية الاولى وفي حالة الاعتماد أساسا على روث الماشية يجب تجميع الروث مسبقا لمدة اسبوع على الاقل مع تغطيته لمنع جفافه حتى لا يتعدر الخلط بعد ذلك. ويفضل الحصمه، على روث طازج وذلك بتجميعه من الجيران ان أمكن.

يجب ان يكون الروث خال من اعواد القش والرمال والاعتربة لانها تسبب مشاكل في التشغيل وقد يسد القش والاعشاب ونشارة الخشب الفتحات كما تكون رغوة صلدة تؤثر على حركة الخزان. أما الرمال والاعتربة فانها تتجمع في أسفل الهاضم وتقلل الحجم الفعال.

أغلق باب دخول التغذية وضع الروث في الحجرة وإضف اليه كمية ملائمة من الماء واخلطه جيداً باستخدام القلاب اليدوي حتى يصبح مخلوطاً متجانساً سهل السريان.

افتح بوابة التغذية فيندفع المخلوط الى داخل الهاضم في اسفل الحجرة الاولى.

للاحظ ان تركيز محلول التغذية يجب ان يكون في حدود ٨-١٠% في المائة مادة صلبة. وننظر لان الروث، يكون تركيزه عادة حوالي ٦-٢٠% في المائة مادة صلبة، لذلك يفضل اضافة حجم مماثل تقريباً من المياه في عملية الخلط للحصول على التركيز الملائم.

استمر في ملء الهاضم بنفس الطريقة حتى يصل مستوى محلول الى أعلى الشفة التي يرتكز عليها الخزان بما يعادل نصف ارتفاع الخزان.

توقف عن ملء الهاضم عند هذا المستوى.

وفي حالة تعذر تدبير جميع الكميات اللازمة من الروث يمكن استكمالها ب المياه على ان يتم اضافة المياه من ماسورة الخروج.

اضافة البادئات: البادئات هي مخلوط نشط يحتوي على اعداد ملائمة من بكتيريا الهضم اللاهوائي. ويمكن الحصول عليها اما من وحدة انتاج غاز حيواني عاملة او تحضيرها. ويحتوي روث الماشية عادة على البكتيريا الملائمة للهضم ولكن باعداد قليلة ولاكثارها يمكن تخفيف الروث في برميل كبير ليصل تركيز المخلوط الى حوالي ١٠% في المائة ويغطي البرميل ويترك لمدة ثلاثة اسابيع في منطقة دافئة ومشمسة. فيتم تكاثر البكتيريا ويمكن استخدام المخلوط كبادئ للهضم. وتختلف أهمية استخدام البادئ حسب نوع المادة المستخدمة في تغذية الهاضم.

في حالة استخدام روث الماشية ونظراً لاحتوائه على بكتيريا الهضم يمكن انتاج الغاز بدون استخدام بادئ ولكن ذلك يحتاج لوقت اطول. ويفضل اضافة البادئ بنسبة ٥% في المائة من حجم الهاضم، على ان يضاف بعد اضافة نصف كمية الروث المتاحة عند ملء الهاضم وذلك حتى يختلط مع معظم محتويات الهاضم.

اما في حالة استخدام زرق الدواجن فننظراً لعدم احتوائه على البكتيريا اللازمة يجب اضافة بادئ بنسبة ٥% في المائة على الاقل من حجم الهاضم. ويمكن استخدام بادئ في وحدة تعلم بمخلفات الدواجن او روث ماشية او تحضير بادئ من روث الماشية.

كما يلزم أيضاً استخدام بادئ بنسبة ٥% في المائة من حجم الهاضم في حالة هضم مخلفات آدمية.

تركيب خزان الغاز: يتم تركيب خزان الغاز عندما يصل ارتفاع محلول فوق الشفة الى ما يقرب من منتصف ارتفاع الخزان ولا تمام ذلك:

- تقام حمالة من قطعتين من الاشجار او الاخشاب فوق سطح الهاضم.

- يرفع الخزان فوق الحمالة اولاً ثم يرفع الى أعلى مرة ثانية ويتم تركيب ماسورة الدليل في ماسورة الخزان.

- يغلق محبس الخزان.

- بعد التأكد من أن وضع الخزان سليماً، يرفع الخزان قليلاً وتسحب الحمالات ويترك الخزان فيتحرك إلى أسفل ليصطدم بال محلول الذي يحمله ويمنعه من الاصطدام بشفة الهاضم.

- اختبر وجود أي تسرب من الخزان مستعيناً بمحلول الصابون.

**التغذية اليومية:** تتم التغذية اليومية على النحو التالي:

- يوصل المرحاض بالوحدة ليصب تلقائياً في ماسورة التغذية.

- تغلق بوابة فتحة التغذية فيتجمع البول - المنساب من الحظيرة - في حجرة التغذية.

- يكسح الروث من الحظيرة وينقل إلى حجرة التغذية.

- يقلب الروث في البول جيداً للحصول على محلول معلق سهل السريان ويمكن إضافة مياه في حالة الحاجة بحيث يحافظ على تركيز محلول في حدود ١٠ في المائة مادة صلبة.

- استمر في التغذية اليومية بنفس الطريقة. ويلاحظ أنه عند التغذية لا يخرج محلول لمدة حوالي عشرة أيام وذلك نظراً لأن المخمر لم يتم ملؤه خصيصاً لذلك، حيث أنه خلال الفترة الأولى لا يكون محلول الخارج مثبتاً.

- يفضل إعادة استخدام محلول الخارج في تخفيف محلول التغذية خلال الفترة الأولى للت�풀 حيث أنه يكون مخففاً جداً ويستمر على هذا الحال لمدة حوالي عشرة أيام. بعد هذه الفترة يقترب محلول الخارج من التركيز المطلوب كما أن عملية التخمير تتحسن بدرجة كبيرة.

- اترك محلول الخارج من المخمر ليجف بجوار الوحدة أو يخزن في حوض خاص حتى يستخدم كسماد أو يستخدم في عمل مكمورة بعد خلطه بالمخلفات الزراعية.

**مراقبة واستخدام الغاز:** يحتوي الغاز المنتج في بداية التخمر على نسبة مرتفعة من غاز ثاني أكسيد الكربون كما أنه يحتوي على نسبة مرتفعة من الأوكسجين مما يجعله عرضة للازفجار عند الاستخدام ولذلك يفضل تفريغه في الهواء بدون اشتعال وذلك عدة مرات حتى ترتفع نسبة غاز الميثان وتتنعدم نسبة الأوكسجين. ويجب الاهتمام بما يلي:

- ملء مصافي المياه بالماء لمنع تسرب الغاز منها.

- التأكد من ان المواد قد تم تعديليها كما يجب.

- التعود على غلق المحبس الرئيسي بعد الاستخدام تلافياً لحدوث أي تسرب غير متوقع.

### ٢-٣ الوحدات المضغوطه بالماء (المخمر الصيني - المصري)

اعداد الوحدة للتشغيل: يتم الاعداد للتشغيل على النحو التالي:

- نزح معظم المياه المتبقية بعد الاختبار مع البقاء على حوالي ثلث حجم المخمر مملوء بالماء لتسهيل عملية التغذية.

- جهز كمية من الطين الخالي من الرمال والحبوب الزلطية ويفضل تخل الأتربة قبل بثها.

- غط شفة الغطاء بطبقة متجانسة من الطين.

- ضع الغطاء الخرساني في موضعه واكبسه حتى يلتصق تماماً وتزال أي فراغات من طبقة الطين كما هو موضح في الشكل (٧٧).

- غط حواف الغطاء مع رقبة المخمر بالطين أيضاً.

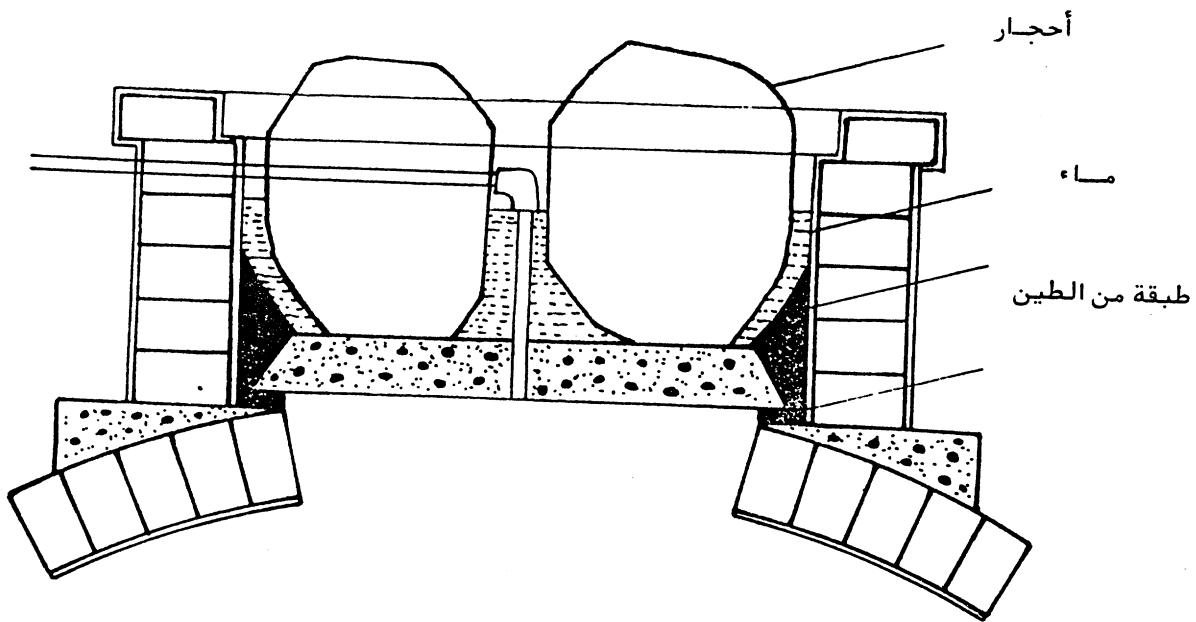
- ضع أحجار ذات أوزان كبيرة فوق الغطاء وذلك لمعادلة ضغط الغاز ولمنع الغطاء من التحرك لأعلى.

- املأ حجرة التفتيش بالماء لتحافظ على الطين مبللاً وتمنع تسرب الغاز.

- داوم على تزويد الحجرة بالماء كلما انخفض مستواها من التبخر. ولتقليل التبخر ولمنع الحشرات من التكاثر فيها يمكن وضع طبقة خفيفة من زيت السيارات المستعمل فوق سطح الماء.

ملء المخمر بالمخلفات: يتم ملء الهاضم بالمخلفات كما تم توضيحه في الهاضمات ذات الخزان الملافي مع مراعاة الآتي:

الشكل ٧٧- غلق فتحة التفتيش



- حافظ على تركيز محلول في حدود ٨-١٠ في المائة مادة صلبة في حالة استخدام روث الماشية وذلك بالإضافة حجم مماثل للروث من الماء على أن يستخدم روث طازج وغير جاف.

- استمر في إضافة المخلفات حتى يصل مستوى محلول في الهاضم إلى أعلى مستوى فتحة الخروج وبذلك يتم عزل محتويات الهاضم عن الهواء الخارجي. وفي حالة تغدر تدبير جميع الكميات اللازمة من الروث فيمكن استكمالها بمياه على أن تتم إضافة المياه من ماسورة الخروج.

اضافة البادئات: تتم إضافة البادئات بنسبة ٥ في المائة كما تم توضيحه في تشغيل الهاضم ذات الخزان الطافي. وتتم إضافة الباديء بعد إضافة نصف كمية الروث المتاحة.

التغذية اليومية: تتم التغذية اليومية كما سبق توضيحه في الهاضم ذات الخزان الطافي. أي من الحظيرة والمرحاضن. ولإعادة استخدام محلول الخارج في تخفيف مواد التغذية يغلق محبس الغاز فيدفع الضغط للمحلول إلى حجرة الخروج مما يمكن استخدامه. وبعد اتمام التغذية يفتح المحبس لطرد الغازات المكونة إلى الخارج ويغلق بعدها المحبس. وتكرر هذه العملية يوميا. ويستمر في استخدام محلول الخارج في تخفيف مواد التغذية حتى يرتفع تركيز محلول الخارج ويتم الهضم.

مراقبة واستخدام الغاز: يتم طرد الغاز المكون مرة كل يوم بعد عملية التغذية وتكرر هذه العملية لمدة عشرة أيام حتى تنعدم نسبة الأوكسجين في الغاز وترتفع نسبة الميثان. وحينئذ يمكن استخدام الغاز.

#### ٤- التشغيل المنظم لوحدات انتاج الغاز الحيوي

##### ٤-١ التغذية اليومية

يجب المداومة على تغذية الوحدات مرة كل يوم على الأقل ويتم ذلك بتجميع البول في حجرة التغذية عن طريق غلقها بالبوابة وتجميع الروث وخلطه مع البول واضافة مياه جديدة في حالة الضرورة لضبط تركيز محلول في حدود حوالي ١٠ في المائة مادة صلبة.

كما يمكن استخدام محلول المخمر الخارج للتخفيف في حالة نقص المياه.

ونظراً للتأثير العملي انتاج الغاز بدرجة الحرارة يفضل ان تتم التغذية وقت الظهيرة عند ارتفاع درجة حرارة الجو حتى تساعد على رفع درجة حرارة محلول قبل التغذية. كما يمكن استخدام صوبات شمسية للتسخين ورفع درجة حرارة محلول.

حاول أن تكون حجرة التغذية مغطاة دائمًا لمنع الذباب من الوصول إلى المخلفات.

##### ٤-٢ استخدام الغاز

- تأكد كل فترة زمنية مناسبة من ان مصافي المياه غير جافة حتى لا يتسرّب الغاز منها.

- استعمل الغاز في معدات الاستخدام المختلفة وتأكد من ان الغاز يشتعل بكفاءة وبشعاعه زرقاء. وفي حالة كانت الشعلة حمراء او مصحوبة بدخان، تأكد من فتحة الهواء الأولى.

- داوم على تنظيف طربوش الوقود. وفي حالة تجمع قشور على ثقوب الوقود يجب إزالتها حتى لا تصغر اقطار الثقوب وتأثر على كفاءة الاحتراق.

##### ٤-٣ استقبال وتداول محلول المخمر

يستخدم محلول المخمر الخارج من الوحدة بعد عملية التخمير عادة كسماد عضوي. وهو يخرج تلقائيًا سواء في الوحدات ذات الخزان الطافي او المضغوطة بالماء ويجب ان تكون هناك مساحة ملائمة ليتجمع فيها محلول ويترك حتى يجف. ويمكن تقسيم المساحة المتاحة الى جزأين، بحيث يوجد محلول الخارج الى احداهما لفترة ثم يترك ليجف ويوجه محلول الى الجزء الثاني. ويزال السماد في هذه الحالة في صورة جافة. ويفضل اضافة بعض الاقربة او المخلفات الزراعية اليه لسرعة التجفيف ولتقليل الفقد في النitrجين.

وفي حالة استخدام محلول المخمر في عمل مكمورة مع المخلفات الزراعية يفضل استخدام حوضين بارضية خرسانية وبارتفاع حوالي ٤٠ سم كما هو موضع في الانشاءات ويتم عمل المكمورة على النحو التالي (١٢) :

- يملأ الحوض الأول بالمخلفات الزراعية المقطعة ويترك محلول الخارج من الهضم ليغمرها وتتشبع المخلفات بالمحلول ويصبح الخليط كالعجين وهو ما يعادل حوالي ٥٠ في المائة رطوبة.
- تجمع المخلفات وتكون قبل نهاية الحوض بحوالي متر.
- يعاد ملء الحوض بالمخلفات الزراعية وتكرر نفس العملية وعند تشبّع المخلفات بالمحلول تقلب الكومة الأولى وتنقل إلى آخر الحوض وتجمع المخلفات على بعد مترين منها أيضاً وتكرر العملية حتى يمتليء الحوض الأول.
- يبدأ العمل في الحوض الثاني وتكرر العملية بنفس الطريقة حتى يمتليء الحوض. و تستغرق عملية الهضم الهوائي حوالي ٤٥ يوماً ليصبح بعدها السماد صالح للاستخدام في الحقل.
- في المناطق الحارة والجافة يجب المحافظة على نسبة الرطوبة المطلوبة وهي في حدود ٥٠ في المائة وذلك أما بتغطية المكمورة بلاستيك أسود لتقليل الجفاف أو رشها بالمحلول المهمض كلما احتاجت لذلك.

صيانة واصلاح اعطال  
وحدات انتاج الغاز الحيوي

بالاضافة الى ما سبق عرضه فان استمرار عمل وحدات انتاج الغاز الحيوي بنجاح مرتبط باجراء اعمال الصيانة الالزمة على الوجه الاكمل. ويمكن تقسيم اعمال الصيانة الالزمة لوحدات الغاز الحيوي الى اعمال صيانة دورية وأعمال صيانة خاصة باعطال قد تطرأ سواء في عملية التشغيل المبدئي أو المنتظم.

## ١- الصيانة الدورية

### ١-١ وحدات الهضم ذات الخزان المعدني الطافى

لعل اهم جزء في الوحدة وأكثرها عرضة للتلف هو خزان الغاز الذي يتعرض للتلف الشديد نتيجة للتآكل. وعلى ذلك يجب صيانة الخزان بمعدل مرة كل سنة وذلك بإجراء عملية الطلاء. وتجري عملية الطلاء باطاحة الفرصة للخزان لكي يطفو الى اقصى ارتفاع فوق الهاضم وذلك بوقف استخدام الغاز. ثم يتم ازالة المواد العضوية المعلقة بالسطح الخارجي باستخدام سكينة معجون تليها عملية صنفرة جيدة لازالة المواد العالقة والطلاء المتآكل. ويطلب سطح الخزان بطلاء مانع للصدأ (مثل السلكون او البريمول) وبعد جفاف الطلاء يستخدم الطلاء الاسود، او اي نوع آخر متاح، مرة او مرتين. وتكون هناك عادة حاجة لاجراء اعمال الطلاء في الاجزاء الرئيسية التي تنغير عادة في المحلول، اما السطح العلوي فيمكن وضع الطلاء عليه مرة واحدة كل سنتين. وطلاء الخزان من الداخل غير مهم نظراً لغياب الاوكسجين في داخل الهاضم وعلى ذلك تعتبر عملية الطلاء سهلة لذاتها لا تستدعي ازالة الخزان من الهاضم.

قد تحدث احياناً اديهارات خفيفة في الاطراف البارزة فوق سطح الارض سواء من الهاضم او حجرة الخلط ولذا يجب ترميمها.

وتتجمع المياه في الخرطوم المرن الموصل بين الهاضم وخط الغاز احياناً مما يعيق من سريان الغاز، وبالتالي يجب تحريره برفعه الى أعلى حتى تتم تصفية المياه. ويمكن ان يتعرض الخرطوم المستخدم سواء كان من المطاط او البولي ايثلين الى بعض التشققات. وعموماً فان خراطيم البولي ايثلين يمكن ان تعمل بحالة جيدة لفترة تزيد عن ثلاث سنوات ويجب مداومة الكشف عليه وتغييره ان لزم الأمر.

وقد تتجمع المياه ايضاً في عدادات الغاز في خط الغاز في حالة وجودها لذا يجب فكها وتصفيتها مرة كل ستة أشهر على الأقل.

يجب التأكد من ان مسافة المياه في خط الغاز مملوئة بالماء حتى تمنع تسرب الغاز ويجب الكشف عليها مرة كل ثلاثة شهور وخصوصاً في خلال فترة الصيف حيث تجف عادة من ارتفاع درجة الحرارة.

في حالة استخدام صوبة شمسية لرفع درجة حرارة الهضم فان البلاستيك يتآكل ويجب تغييره مرة كل سنتين.

تتعرض مواعد الغاز للصدأ الخفيف وت تكون طبقة تعوق سريان الغاز سواء في الطربوش او الفوئية (ثقب خروج الغاز) ولذلك يجب تسليك الفوئية وغسل الطربوش ودعكه بفرشة سلك وتسليك الثقوب مرة كل ثلاثة شهور حتى لا تؤثر على اشتعال الغاز.

#### ٢-١ وحدات التخمير الصينية الطراز (المضغوطة بالماء)

لا تحتاج وحدات الهضم الصينية عادة الى صيانة دورية نظرا لغياب الاجزاء المعدنية بها ولكن قد تحتاج الاجزاء الظاهرة منها مثل حجرة التفتيش وحجرة الخلط والخروج السترميمات بسيطة في حالة حدوث بعض الاضرار بها.

ان وجدت الخراطيم البلاستيك في الوحدة فيجب تغييرها مرة كل ثلاث سنوات.

في حالة استخدام صوبات لرفع درجة حرارة محلول في حجرة التغذية والخروج يجب تغيير البلاستيك المستخدم مرة كل سنتين.

تمت صيانة مواعد الغاز كما سبق ذكره بالنسبة للوحدات ذات الخزان الطافي.

وتتجدر الاشارة الى ان صيانة وحدات الهضم المضغوطة بالماء تقل كثيرا عن الوحدات ذات الخزان المعدني في حالة الانشاء الجيد.

#### ٢- الأعطال المحتملة وأسبابها وكيفية اصلاحها

##### ١-٢ اعطال بدء التشغيل (١٣)

العطل	السبب	الاصلاح
الهضم لا ينتج غاز	عدم وجود بكتيريا كافية	اضافة بادىء او الانتظار بعض الوقت حتى تتکاثر البكتيريا وقد يستغرق ذلك من أسبوعين الى ثلاثة اسابيع.
انخفاض درجة الحرارة		استخدام الطرق الملائمة للتتسخين او الانتظار حتى تتکاثر البكتيريا.
بعض الفتحات في الهضم غير مغمورة بالماء		استكمال التغذية حتى تغلق جميع الفتحات المسربة للغاز من المخمر.
مصفاة المياه فارغة		ملء المصفاة بالمياه.

<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
ارفع الغطاء وجهز طينة ملائمة واغلاق الغطاء وضع فوقه احجاراً لزيادة الوزن وماء لمنع جفاف الطين.	تسرب في غطاء الهاضم	
الكشف على مكان التسرب باستخدام محلول الصابون واصلاحته.	تسرب في الخطوط	
تحديد مكان التسرب واصلاحته.	تسرب في الهاضم او الغزان	
تهوية الغاز والانتظار بعض الوقت حتى يتحسن تركيب الغاز وترتفع نسبة الميثان.	ارتفاع نسبة ثاني اكسيد الكربون في الغاز	الغاز لا يشتعل
اضافة الجير او كربونات الكالسيوم مع التغذية وتكرارها عدة مرات مع تهوية الغاز حتى ترتفع نسبة الميثان به. وداوم على التغذية طبقاً للنظام المحدد.	ارتفاع نسبة الحموضة في محلول لعدم ضبط تركيب وتركيز مخلوط التغذية	
تقليل فتحة الهواء الاولى في المقد.	ارتفاع نسبة الهواء في مخلوط الاحتراق	
تهوية الغاز حتى تظهر رائحته.	وجود هواء في خط الغاز	

## ٢-٢ اعطال التشغيل المنتظم

<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
ملء المصفاة او المانومتر بالمياه.	مصفاة المياه او مانومتر الضغط فارغ	الخزان (في الاجهزة ذات الخزان الطافي) او الضغط (في الاجهزة المضغوطبة بالماء) ينخفض بسرعة عند فتح المحبس الرئيسي
البحث عن المحبس واغلاقه.	احد المحبسات مفتوحة	
يحدد مكان التسرب بتتبع رائحة الغاز او استخدام محلول الصابون ويتم اصلاحه.	تسرب من خط الغاز	
ضبط معدلات التغذية طبقاً للاصول المحددة.	معدلات تغذية مرتفعة مع فقد التوازن	الخزان او الضغط لا يرتفع مع غلق المحبس الرئيسي
معادلة مواد التغذية الحمضية باستخدام الجير.	استخدام مواد حمضية في التغذية بنسبة كبيرة	
تقليل المواد السامة للبكتيريا ما امكن.	وضع مواد سامة لعملية الهضم	
يكشف على مكان التسرب من الخزان باستخدام محلول الصابون ويمكن سد الثقوب الصغيرة باستخدام الايبوكسي اما التأكل الكبير فيجب، لحام شرائط من الحديد لاصلاحته او تغيير الخزان. يختبر تسرب الغاز من الهاضم (المضغوط بالماء) ويتم اصلاحه بعد الكشف على اعمال المحارة الداخلية وطبيعة الشمع السطحية واحياناً قد تساعد اعادة طلاء السطح بمحلول شمع عدة مرات.	تسرب من الخزان او الهاضم	

<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
ضبط كمية التغذية.	نقص كمية التغذية	يرتفع الخزان او الضغط ببطء
ضبط التغذية عند تركيز ١٠ في المائة مادة صلبة.	تحفيض مخلوط التغذية اكثر من اللازم	
ضبط معدلات التغذية والانتظار بعض الوقت.	زيادة كمية التغذية	
تقليل المواد السامة ما امكن.	اضافة كمية كبيرة من المواد التي تعوق تكاثر البكتيريا	
محاولة رفع درجة حرارة الهاضم ومخلوط التغذية بالطرق الملائمة.	انخفاض درجة الحرارة	
تحديد مكان التسرب واصلاحه.	تسرب في الغاز	
تصفية الهواء من الخط بفتح الخط حتى تظهر رائحة الغاز.	وجود هواء في الخط	الغاز لا يشتعل
يسمح بمرور الغاز لفترة في الهواء مع ضبط التغذية طبقا للنظام المحدد.	ارتفاع نسبة ثاني اكسيد الكربون نظرا لعدم ضبط كمية وتركيب مخلوط التغذية وتركيزها	
وقف تغذية المواد الحمضية والاستمرار في تغذية الروث. ويمكن اضافة الجير او كربونات الكالسيوم مع الانتظار بعض الوقت حتى يتحسن تركيب الغاز.	ارتفاع نسبة المواد الحمضية في التغذية وارتفاع نسبة الحموضة في الهاضم	
تقليل كمية المواد الضارة ما امكن.	ارتفاع نسبة المواد السامة في التغذية	
تسليك المواسير بتحريك عود خشب او جريد طويل لأسفل وأعلى حتى يتم تكسير السدادة. الخلط الجيد لمحلول التغذية وازالة القش والخشائش يمنع السدد.	انسداد ماسورة الدخول او الخروج	مخلوط التغذية لا ينساب الى داخل الهاضم
تسليك ماسورة الخروج	انسداد ماسورة الخروج	الهاضم يفيض بالمخلوط
تسليك مفيسن الخروج	انسداد مفيسن الخروج	حبرة الخروج تفيسن بالمخلوط
٢-٢ <u>اعطال الماء</u>		
<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
زيادة كمية الهواء الاولى حتى يصبح اللهب ازرقا.	نقص كمية الهواء الاولى	اللهب، طويل وضعيف، وأحمر
تنظيف الكوشة جيدا بسلك معدني وتنظيف الفتحات او زيادة قطرها ان لزم.	فتحات الاشتعال غير ملائمة	اللهب، ينفصل عن الكوشة ويختفي

<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
تنظيف فتحة الغاز من الرواسب.	انسداد جزئي لفتحة الغاز	صغر الشعلة
الانتظار حتى يرتفع الضغط في الهاضمات المضغوطة بالماء. أو تحريك خزان الغاز يميناً ويساراً لتكسير الرغوة وتسهيل حركة الخزان في الأجهزة ذات الخزان الطافي.	انخفاض الضغط	
تسرب غاز من الخط يجب اصلاحه. ازالة المياه المتكتفة من الخط.	تكتيف مياه في الخط	
نزال المياه المتكتفة من الخرطوم الموصل بين خزان وخط الغاز. الخط مفروض انه مثبت بميل ١:١٠٠٠ لتجويف المياه وصرفها عن طريق المصافي. وفي حالة تجميعه للمياه فإنه من الصعب ازالتها لذا يجب تعديل الخط طبقاً للأسول.	وجود مياه متكتفة في الخطوط	تدبب اللهب
ازالة المياه المتكتفة في الموقد وعدد الغاز.	وجود مياه متكتفة في الموقد او عداد الغاز ان وجد	
نزال المياه المتكتفة من خط الغاز.	المياه المتكتفة تمنع سريان الغاز تماماً.	لا يوجد غاز عند الموقد
تنظيف فتحة الغاز بسلك او دبوس ملائم.	فتحة الغاز مسدودة تماماً بالرواسب والصدأ	

#### ٤-٢ اعطال المصابيح

<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
التاكد من قطر فتحة الغاز وتسلیکه.	نقص كمية الغاز	الاضاءة ضعيفة
ضبط كمية الهواء الاولى.	عدم ملائمة كمية الهواء الاولى	
ضبط كمية الغاز.	زيادة كمية الغاز	الاضاءة تميل الى الاحمرار واللهب يبرز من الرتينة
تسلیک الفونية.	انسداد الفونية	الغاز لا يخرج من الفونية

#### ٥-٢ اعطال الثلاجات

<u>الاصلاح</u>	<u>السبب</u>	<u>العطل</u>
ضبط كمية الهواء الاولى.	نقص كمية الهواء الاولى	الشعلة حمراء وتكون كربون
ضبط فتحات الطربوش.	صغر فتحات الطربوش	الشعلة تنفصل عن الطربوش

الاصلاح	السبب	العطل
تقليل سحب المدخنة بزيادة مقاومة السريان عن طريق تصغير مقطع المدخنة.	زيادة سحب المدخنة	الشعلة تطفىء عند توصيل المدخنة
تسليك فونية الغاز.	انسداد جزئي لفونية الغاز	التبريد بطيء
تسليك فونية الغاز.	انسداد فونية الغاز	التبريد معدوم
اصلاح العطل لدى أحد المختصين.	عيوب في دورة التبريد	

### ٣- دور المرأة الريفية في تقليل واصلاح الأعطال

يعتبر دور المرأة الريفية في اصلاح معظم الاعطال بل ومنعها أصلا دورا كبيرا وهاما. فالمرأة عادة هي المسؤولة عن تغذية الوحدة وهي أيضا المسؤولة عن استخدام الغاز وتشغيل الموقد ومعظم المعدات الأخرى ولذلك فإن تعرف المرأة على التشغيل الصحيح لوحدات الغاز الحيوي وأيضا الاستخدام الصحيح لمنتجات الوحدة يعتبر في غاية الأهمية وعلى سبيل المثال لا الحصر:

- تعرف المرأة على طريقة التغذية السليمة يمكن ان يمنع انسداد مواسير الخروج والدخول وهي تعتبر من المشاكل المزعجة في التشغيل المستمر في حالة احتواء التغذية على القش والخشائش وكذلك في حالة التقليل غير الكامل لمواد التغذية.
- ضبط كمية التغذية اليومية وتركيزها يمكن ان يساعد على انتظام كمية الغاز وسد الاحتياجات المنزلية.
- عدم اضافة مواد سامة لعمليات الهضم يمكن ان تمنع انخفاض نسبة الميثان في الغاز وتقليل احتمالات توقف الهاضم.
- يساعد تنظيف طربوش الموقد (فتحات اللهب) باستمرار على انتظام الاحتراق ويرفع كفاءة الموقد ويمنع انفصال اللهب عن فتحات الطربوش (الكوشة).
- كما يمكن تدريب المرأة على تسليك فونية الغاز لأنها عملية بسيطة ومع بساطتها فقد تسبب فقدان الموقد لوظيفته ومن ثم الوحدة كلها.
- يمكن ان تتعرف المرأة على طريقة تصفية المياه من الخراطيم الموصلة للغاز وبذلك تتغلب على تذبذب اللهب.
- كما يمكن ان تداوم على ملء مصفاة المياه وبذلك تمنع تسرب الغاز من الخط.

بعض المرادفات

الكلمات المستخدمة في الدليل

المرادفات

الطابوق، البردين	الطوب
حصى - كرى	الزلط
ذيس	الرمل
الكلس المعلق	الجير المعلق
الأنابيب	المواسير
الواح الحديد	الصاج
القار	البتيومين
الخشب المعاكس	الأبلكاش
حلزوني	قلاؤوظ
شكل	فورمة
المغلون	المجلفن
تلبيس	محارة
مجهزة بتجهيزات آلية	مميكنة
غطاء بلاستيكى للتسخين الشمسي	صوبة
توضيح	تسكين
ورق رمل	صنفرة
حافة	شفه
خلاط	قلاب

المراجع

- M. M. El-Halwagi, M. A. Hamad, "Rural biogas technology, realistic potential (١) and prospects in Egypt", Proc. of the First Intern. Symposium on Application of Solar and Renewable Energy, ASRE 86, Ed. A. Mobarak and H. El Agmawi, Vol. 2, P. 939 (1986).
- Speece R., Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatment, (٢) Environ Sci. Technol., 9, 416 (1983).
- J. M. Peter, Methane: Planning a digester, Prism Press, (1982). (٣)
- Biogas Technology - "An information package", Tata Energy Documentation (٤) and Information Centre, Tata Energy Research Institute, Bombay, India, (1985).
- M. A. Hamad, A. M. Abdel Dayem, M. M. El-Halwagi, "Performance Evaluation of two rural biogas units of the Indian and Chinese versions". J. Energy in Agriculture, 1,234, (1983). (٥)
- United Nations, Economic and Social Commission for Western Asia, (٦) "Introduction of biogas technology to rural and remote areas of the People's Democratic Republic of Yemen", Project RAB/86/005, Final Report, October 1987.
- Bremen Overseas Research and Development Agency (BORDA), Bremen, (٧) Federal Republic of Germany.
- Biogas Manual, National Research Centre, Cairo, Egypt. (٨)
- (٩) الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، ندوة تكنولوجيا الغاز الحيوي، عدن، ١١-١٦ نيسان /أبريل ١٩٨٧ . E/ESCWA/NR/87/7
- Anil, K. Dhussa, "Designing biogas distribution system", Bioenergy Renews, (١٠) 2,112, p. 71, (1983).
- The Collection of designs for household hydraulic biogas digesters in rural (١١) areas. The standard for check and acceptance of the quality for household hydraulic biogas digesters in rural areas. The operation rules for construction of household hydraulic biogas digesters in rural areas. The National standard of the People's Republic of China, GB, 4750-4752-84, (1984).
- L. Sasse, BORDA Staff, "Manure from Slurry", Biogas Forum, Nr. 28, 2, (1987). (١٢)
- "Updated guidebook on biogas development", Energy Resources Development (١٣) Series, No. 27, ESCAP, United Nations, New York, (1984).

