



الأمم المتحدة

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا

شعبة الموارد الطبيعية ، العلم والتكنولوجيا

ندوة تكنولوجيا الغاز الحيوي

١١ - ١٦ نيسان / أبريل ١٩٨٧

عدن - جمهورية اليمن الديمقراطية

UN ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION
FOR WESTERN ASIA
8 - JUN 1987
LIBRARY + DOCUMENT SECTION

حزيران / يونيو ١٩٨٧

E/ESCWA/NR/87/7

87-0729

بسم الله الرحمن الرحيم

× × × × ×

تقديم

تولي الامانة التنفيذية للجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الاسكوا) اهتماما خاصا لبرامج المعونة الفنية لدول المنطقة وخاصة في المجالات ذات الاولوية التي حددتها هيئة الامم المتحدة ولجانها القليمية .

وفي هذا الاطار ، تقوم الاسكوا بالتعاون مع وزارة الطاقة والمعادن في جمهورية اليمن الديمقراطية بتنفيذ سلسلة من المشروعات في مجال ادخال تكنولوجيا الغاز الحيوي الى المناطق الريفية .

ان لเทคโนโลยيا الغاز الحيوي أهمية خاصة بالنسبة للمناطق الريفية في جمهورية اليمن الديمقراطية ، حيث تشير الاحصاءات الى ان الجزء الاعظم من المناطق الريفية والنائية في جمهورية اليمن الديمقراطية تستعمل الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة عن طريق الحرق المباشر ، الذي ينطوي على كثير من السمات السلبية التي تمثل في الآثار الصحية والبيئية والاجتماعية الضارة بالإضافة الى فقدان قيمة هذه المخلفات كسماد في الزراعة والى الأعباء التي تتحمّل النساء في جمع هذه المخلفات ، ناهيك عن أن التخلص من المخلفات العضوية بالطرق الراهنة يوؤدي الى تلوث آبار مياه الشرب في هذه المناطق .

ان ادخال تكنولوجيا الغاز الحيوي للمناطق الريفية والنائية في جمهورية اليمن الديمقراطية سيؤدي بلا شك الى كثير من النتائج الايجابية التي توؤدي بدورها الى تحسين الظروف المعيشية للاسرة اليمنية في هذه المناطق ، وخاصة النساء والاطفال .

وانطلاقا مما تقدم ، قامت الاسكوا بالتعاون مع وزارة الطاقة والمعادن واتحاد نساء اليمن بالعديد من النشاطات في هذا المجال ، بدءا بالدراسات الاولية حول

امكانية ادخال تكنولوجيا الغاز الحيوي الى المناطق الريفية والنائية ، ثم تنفيذ دراسة حالة حول جدوى ادخال هذه التكنولوجيا ، وذلك بتمويل من صندوق الام المتحدة الانمائي للمرأة UNIFEM ، ومن ثم تنفيذ مشروع بتمويل من حكومة هولندا يتضمن انشاء ثلاث وحدات تجريبية لانتاج الغاز الحيوي في قرية الحبيل بمحافظة لحج لاختبار أصلح النماوج التي تناسب الريف اليمني . وقد تم تشغيل النماوج الثلاثة بنجاح وافتتحت رسمياً في السابع من حزيران / يونيو ١٩٨٧ ، وهي النموذج الصيني - المصري المعدل والنموذج الهندي - المصري المعدل وكذلك وحدة من الطراز الالماني المسمى (البرُدا) . كما تم أيضاً في اطار هذا المشروع عقد ندوة حول تكنولوجيا الغاز الحيوي وذلك في مقر وزارة الطاقة والمعادن في عدن في الفترة من ١١ - ١٦ ابريل / نيسان ١٩٨٧ . وقد شارك في الندوة أكثر من خمسة وثلاثين من المسؤولين والخبراء والفنين من مختلف الاجهزة الحكومية والجماهيرية في اليمن الديمقراطي بالإضافة الى مجموعة من الخبراء من الاسكوا .

ويوضح الكتيب المرفق أهم الموضوعات الفنية التي نوقشت في تلك الندوة ، وهو يعتبر دليلاً مبسطاً لكل من يرغب في التعرّف على هذه التكنولوجيا أو تنفيذ نظم لانتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية .

وختاماً أتوجه بالشكر الى كل من السيد / نائب رئيس الوزراء وزير الطاقة والمعادن والسيد / نائب وزير الطاقة والمعادن على رعايتهم المستمرة وعلى الجهد الذي بذلها لانجاح هذه النشاطات ، وكذلك الى كل من ساهم في انجاز هذه المشروعات داخل جمهورية اليمن الديمقراطية . كما أود ان اشكر الخبريين الاستشاريين الدكتور / عادل محمود عبدالدائم والدكتور محمد عبدالفتاح حمد ، من المركز القومي للبحوث بالقاهرة ، على جهودهما في التنفيذ الميداني للمشروع وفي اعداد هذا الكتيب . وكذلك يطيب لي ان أشكر حكومة هولندا وصندوق الام المتحدة الانمائي للمرأة للتمويل الذي قدمه لتنفيذ هذه النشاطات .

وأدعو الله ان تكون هذه المنجزات خطوات أولية في سبيل تحقيق الهدف الاكبر وهو رفع المستوى المعيشي وتحسين الظروف البيئية في المناطق الريفية والنائية في جمهورية اليمن الديمقراطية .

الدكتور محمد سعيد التابسي

الامين العام التنفيذي

٧ حزيران / يونيو ١٩٨٧

قائمة المحتويات

المفحة

| | | |
|----|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ١ | ..... | ١- مقدمة |
| ٢ | ..... | ٢- انتاج الغاز الحيوي |
| ٥ | ..... | ٣- المواد العضويه المستخدمه فى انتاج الغاز الحيوي |
| ٥ | ..... | ٤- المخلفات الحيوانيه |
| ٥ | ..... | ٥- زرق الدواجن |
| ٥ | ..... | ٦- المخلفات الادميه |
| ٥ | ..... | ٧- المخلفات الزراعيه |
| ٥ | ..... | ٨- النباتات المائيه |
| ٦ | ..... | ٩- المخلفات الصناعيه العضويه |
| ٧ | ..... | ٤- العوامل المؤشره على انتاج الغاز الحيوي |
| ٧ | ..... | ١- درجة الحرارة |
| ٧ | ..... | ٢- درجة الحموضة |
| ٧ | ..... | ٣- نسبة الكربون الى النيتروجين |
| ٩ | ..... | ٤- تركيز المادة الصلبة في محلول التغذيه |
| ٩ | ..... | ٥- معدلات التغذيه بالمادة العضوية |
| ٩ | ..... | ٦- زمن بقاء المحلول في المخمر |
| ٩ | ..... | ٧- المواد السامة في التغذيه |
| ١٠ | ..... | ٨- استخدام البادئات |
| ١٠ | ..... | ٩- التقليل داخل المخمر |
| ١١ | ..... | ٥- نظم انتاج الغاز الحيوي |
| ١١ | ..... | ١- متطلبات اختيار الموقع |
| ١٢ | ..... | ٢- تحديد حجم أوسعه وحدة انتاج الغاز الحيوي |
| ١٣ | ..... | ٣- المتطلبات الاساسيه اللازمه عند اختيار التصميم |
| ١٣ | ..... | ٤- توصيل الحظيره ودورة المياه بوحدة انتاج الغاز الحيوي |
| ١٥ | ..... | ٥- وحدات انتاج الغاز الحيوي وتصميماتها الملائمه |
| | | ٥-٥-١- وحدة انتاج الغاز الحيوي من النوع ذو الخزان الطافى (تصميم هندي) |
| ١٥ | ..... | ٥-٥-٢- وحدة انتاج الغاز الحيوي من النوع المضغوط بالماء (طراز صيني) |
| ١٨ | ..... | ٥-٥-٣- وحدة انتاج الغاز الحيوي من النوع الافقى (الفلبين) |
| ٢٠ | ..... | ٥-٥-٤- وحدات التخمير البلاستيكية |
| ٢٠ | ..... | ٥-٥-٥- وحدات التخمير الجاف |
| ٢٢ | ..... |  |

الصفحة

| | | |
|-------|--------------------------------------------------|----|
| ٦-٥-٥ | المخمر الجاهز والمسخن بالطاقة الشمسية | ٢٢ |
| ٧-٥-٥ | المخمرات الكبيرة | ٢٣ |
| ٨-٥-٥ | نظم متطرفة أخرى لانتاج الغاز الحيوي | ٢٣ |
| ٦ | استخدام الغاز الحيوي | ٢٦ |
| ٦-١ | خواص الغاز | ٢٦ |
| ٦-٢ | استخدامات الغاز كوقود | ٢٦ |
| ٦-٣ | المواءد | ٢٦ |
| ٦-٤ | مصابيح الاضاءة | ٢٧ |
| ٦-٥ | التسخين | ٣١ |
| ٦-٦ | التبريد | ٣١ |
| ٦-٧ | انتاج الطاقة الميكانيكية | ٣١ |
| ٦-٨ | تعديل ماكينات дизيل | ٣١ |
| ٦-٩ | تعديل ماكينات البنزين | ٣٤ |
| ٦-١٠ | انتاج الطاقة الكهربائية | ٣٤ |
| ٧ | تنقية ونقل وتخزين الغاز | ٣٦ |
| ٧-١ | تنقية الغاز | ٣٦ |
| ٧-٢ | نقل الغاز | ٣٨ |
| ٧-٣ | تخزين الغاز | ٤٢ |
| ٨ | طريقة التشغيل | ٤٥ |
| ٨-١ | بداية التشغيل | ٤٥ |
| ٨-٢ | التشغيل المنتظم | ٤٥ |
| ٨-٣ | الاعطال واصلاحها | ٤٦ |
| ٩ | استخدام المواد العضوية المخمرة | ٤٨ |
| ٩-١ | استخدام المحلول كسماد عضوي | ٤٨ |
| ٩-٢ | استخدام المادة العضوية المخمرة كعلف حيوانى | ٤٨ |
| ٩-٣ | استخدام المحلول في انتاج الطحالب | ٤٩ |

الصفحة

| | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ١٠ | - امكانيات تطبيق تكنولوجيا الغاز الحيوى فى الوطن العربى |
| ٥٠ | ١- جمهورية مصر العربية |
| ٥٠ | ١-١- دور البحث والتطوير فى توطين وتطوير التكنولوجيا |
| ٥٠ | ٢-٤- المحددات التكنولوجية لانتاج الغاز الحيوى |
| ٥١ | ٣-١- امكانية تعميم تكنولوجيا الغاز الحيوى ومدى مساهمته فى دعم الاقتصاد القومى |
| ٥٢ | ٤-١- التشريعات الالزمه لانتشار تكنولوجيا الغاز الحيوى |
| ٥٢ | ٥-١- مقترنات لنجاح وسرعة نشر تكنولوجيا الغاز الحيوى فى مصر . |
| ٥٣ | ٢- جمهورية اليمن الديمقراطيه الشعبية |
| ٥٣ | ١-٢- العوامل المساعدة على انتاج الغاز الحيوى |
| ٥٤ | ٢-٢- اهم المحددات لانتشار التكنولوجيا وكيفية التغلب عليها |
| ٥٤ | ٣-٢- امكانية تعميم تكنولوجيا الغاز الحيوى ومدى مساهمته فى دعم الاقتصاد القومى |
| ٥٦ | ١١- المراجع |
| ٥٩ | ملحق ١ : دليل عن طرق الانشاء |
| ٦٨ | ملحق ٢ : تصميمات تفصيليه لبعض وحدات انتاج الغاز الحيوى . |



من المؤكـد أن التـقدم الحـضـارـي لـلـإنسـان يـعـتمـد عـلـى توـفـير مـصـادـر الطـاقـه الـلاـزـمـه لـكـافـه المـتـطلـبـات البـشـريـه . ويـواـجه العـالـم نـقـصـا حـقـيقـيا فـي المـصـادـر التـقـليـديـه لـلـطـاقـه الـأـحـدـه بـالـنـفـوـب من فـحـم وـبـتـرـول نـتـيـجـه لـلـزيـادـه الـكـبـيرـه فـي مـعـدـلات الاستـهـلاـك . ولـذـلـك فـقـد تـزاـيد الـاـهـتمـام عـالـمـيا بـالـبـحـث عن وـتـطـوـير مـصـادـر جـديـدـه وـمـتـجـدـده لـلـطـاقـه كـبـيلـلـلـمـصـادـر التـقـليـديـه أو عـلـى الأـقـل كـسـنـدـلـها .

ويـتـمـيز عـدـد مـصـادـر الطـاقـه الجـديـدـه وـمـتـجـدـده كـالـطـاقـه الشـمـسيـه وـطـاقـه الـرـياـح وـطـاقـه الـكـتـلـه الـحـيـويـه بـطـابـع الـلامـركـزيـه كـما تـتـطـلـب اـسـتـثـمـارـات أـقـل مـن مـصـادـر الطـاقـه التـقـليـديـه وـبـالـتـالـي فـانـلـهـا مـزاـيا وـاضـحـهـ من حـيـث التـطـبـيق فـي الـمـنـاطـق الـرـيفـيـه عـلـى وجـهـ الـحـمـصـومـ والـتـي يـقـطـنـهـا اـكـثـرـ من نـصـف سـكـانـالـعـالـم فـي ظـرـوفـعـبـهـ وـعـدـم توـفـيرـمـصـادـرـمـنـاسـبـهـ لـلـطـاقـه الـلاـزـمـه لـرـفـعـمـسـتـوىـمـعـيـشـتـهمـ وـلـتـنـفـيـذـعـمـلـيـاتـالـاـنـمـاءـالـتـيـهـمـ فـيـأـمـسـالـحـاجـهـ الـيـهـاـ .

ولـقـد لـقـى مـوـضـوعـتـولـيـدـالـطـاقـهـ مـنـالـمـخـلـفـاتـالـعـضـوـيـهـ بـطـرـيـقـةـالـمـعـالـجـهـالـبـكـتـيرـيـهـ فـيـعـزـلـعـنـالـهـوـاءـ وـهـوـ ماـيـعـرـفـبـاسـمـتـكـنـولـوـجيـاـ اـنـتـاجـالـغـازـالـحـيـويـاهـتـمـاماـكـبـيرـاـ عـلـىـالـنـطـاقـالـعـالـمـيـلـمـاـتـشـيرـإـلـيـهـالـدـلـائـلـمـنـاحـتـمـالـاتـجـيـدـهـ فـيـمـجـالـتـطـبـيقـفـيـالـمـنـاطـقـالـرـيفـيـهـ عـلـىـوجـهـالـحـصـوصـ .

وـتـعـتـرـفـالـجـهـودـالـهـنـدـيـهـ وـالـصـينـيـهـ فـيـهـذـاـمـجـالـعـلـامـهـمـمـيـزـهـلـمـاـأـمـكـنـتـحـقـيقـهـ عـلـىـمـسـتـوىـالـتـكـنـولـوـجيـاـالـمـبـسـطـهـ وـنـجـاحـهـفـيـظـرـوفـالـمـنـاطـقـالـرـيفـيـهـ .

وبـالـرـغـمـمـنـنـجـاحـالـتـجـربـهـالـصـينـيـهـ وـالـنـجـاحـالـنـسـبـيـلـلـلـتـجـربـهـالـهـنـدـيـهـ ،ـفـمـنـالـجـديـرـ بـالـاـشـارـهـأـنـهـذـاـلـيـعـنـتـأـكـدـنـجـاحـهـفـيـبـلـدانـأـخـرىـمـعـاـخـلـفـالـمـوـارـدـوـالـظـرـوفـالـاجـتمـاعـيـهـ وـالـاـقـتـصـاديـهـ وـالـبـيـئـيـهـالـمـحـيـطـهـ وـأـنـسـاطـالـمـعـيـشـهـ .ـكـماـيـجـبـأـنـنـتـوـهـبـأـنـ طـاقـهـالـمـخـلـفـاتـمـثـلـهـاـمـثـلـمـعـظـمـمـصـادـرـالـطـاقـهـجـديـدـهـ وـمـتـجـدـدهـ تـعـتـمـدـمـنـ وجـهـالـصـلاـحيـهـالـفـنـيـهـ وـالـاـقـتـصـاديـهـ عـلـىـمـوـقـعـالـمـحـدـدـ وـتـوـفـرـظـرـوفـالـمـنـاسـبـهـ وـلـذـاـكـانـمـنـالـوـاجـبـتـقـيـيـمـهـبـالـنـسـبـهـلـلـظـرـوفـالـمـحـيـطـهـالـسـائـدـهـفـيـأـيـمـكـانـلـتـقـرـيرـأـيـنـوـمـتـىـتـكـونـمـجـديـهـ .

هـذـاـوـمـنـالـجـديـرـبـالـذـكـرـأـنـتـكـنـولـوـجيـاـالـغـازـالـحـيـويـلـاتـسـهـمـفـقـطـفـيـحلـمشـكـلـةـالـطـاقـهـ وـلـكـنـهـاـتـسـهـمـأـيـضاـفـيـحلـمشـكـلـتـىـنـقـصـالـغـذاـءـوـزـيـادـةـتـلـلوـتـالـبـيـئـهـ .ـوـنـتـيـجـهـلـتـوـفـيـرـسـمـادـعـضـوـيـاـضـافـيـأـفـضـلـ(ـكـانـيـفـقـدـبـالـكـامـلـعـنـحـرـالـمـخـلـفـاتـ)ـفـانـهـذـاـيـوـدـيـالـىـ زـيـادـةـاـنـتـاجـيـةـالـأـرـضـالـزـرـاعـيـهـ وـخـصـوبـتـهـاـبـالـاـضـافـهـإـلـىـذـلـكـفـانـمـداـولـةـالـمـخـلـفـاتـالـحـيـوـانـيـهـ وـالـأـدـمـيـهـعـنـطـرـيقـالـمـعـالـجـهـبـوـحدـاتـالـتـحـمـيـرـالـلـاهـوـائـيـهـتـحـفـفـمـنـحـدـةـالـتـلـلوـتـوـتـوـدـيـالـىـ القـضـاءـعـلـىـمـعـظـمـالـكـائـنـاتـوـالـطـفـلـيـلـيـاتـالـمـمـرـضـهـوـيـتـمـذـلـكـكـلـهـبـشـكـلـمـتـواـزنـوـمـتـوـاـفقـمـعـ الـبـيـئـهـوـدـورـةـالـطـبـيـعـهـ .

وـعـلـىـذـلـكـفـانـتـكـنـولـوـجيـاـاـنـتـاجـالـغـازـالـحـيـويـمـنـالـمـخـلـفـاتـالـعـضـوـيـهـتـمـثـلـسـبـيـلاـمـبـاشـراـ لـتـعـظـيمـالـمـنـافـعـوـخـفـضـمـصـادـرـالـتـلـلوـتـإـلـىـأـدـنـىـالـحـدـودـ .ـوـتـعـتـرـفـهـذـهـالـتـكـنـولـوـجيـاـبـالـاـضـافـهـ

الى آثارها الايجابيه من حيث توليد وقود غازى نظيف وسماد عضوى مثبت ، وسائل
فعاله ومحيي لمداولة وصرف المخلفات وبالتالي التحكم فى التلوث البيئى .

وفي دراسه اجريت بالمركز القومى للبحوث اتضح أنه فى حالة تعميم استخدام
تكنولوجيا الغاز الحيوى فى الريف المصرى فان الغاز المنتج يكافى ٩٠ حوالى مليون طن
كيروسين فى العام ويمكن أن يعطى حوالى ٢٣٪ من جملة استهلاك الطاشه فى الريف للأغراض
المتنزليه والزراعيه . وفي دراسة عن جمهورية اليمن الجنوبيه اتضح أن الغاز الحيوى الممكן
انتاجه من المخلفات الحيوانيه والأدميه فى الريف يمكن أن يساهم بحوالى ١٧٪ من الطاشه
البتروليه المستخدمه حاليا فى الريف . هذا بالإضافة الى انتاج السماد وتحسين الظروف
الصحيه . وتتجدر الاشارة الى أن دور الغاز الحيوى قد يفوق ذلك بكثير فى بعض بلدان
العالم العربى لو أحسن استخدامه وتطويره .

٢- انتاج الغاز الحيوي

ينتج الغاز الحيوي من تحرير المخلفات العضوية بمعزل عن الهواء (وهو ما يعرف بالتحمر اللاهوائي) وذلك في أجهزة حامة وتحت ظروف معينة . ويتم تحلل المواد العضوية بتأثير أنواع متخصصة من الكائنات الحية الدقيقة تعرف بالبكتيريا اللاهوائية وذلك من خلال عمليات بيولوجية متتالية ومتداخلة ينتج عنها الغاز الحيوي ويتبقي حمأة تحتوى على مركبات عضوية بسيطة ومثبتة .

وتعتبر عملية التحمر اللاهوائي من العمليات البيولوجية المعقدة والتي يجب أن تتسم مراحلها في توافق وتنسق تام لضمان اتمام عملية التحمر . ويتناول كل مرحلة من مراحل التحمر بعدد من العوامل التي تؤثر على النشاط البيولوجي داخل المخمر . وعلى ذلك فكلما كانت هذه العوامل عند الحدود المثلثى كلما ارتفع النشاط البيولوجي وبالتالي ارتفع كفاءة عملية التحمير .

ويمكن تلخيص مراحل تحلل المواد العضوية أشناً عملية التحمر اللاهوائي في المراحل التالية .

- تتكون البكتيريا اللاهوائية من مجموعتين رئيسيتين من الكائنات الدقيقة . الأولى وتعرف بالبكتيريا المكونة للأحماض والثانية بالبكتيريا المكونة للميثان .

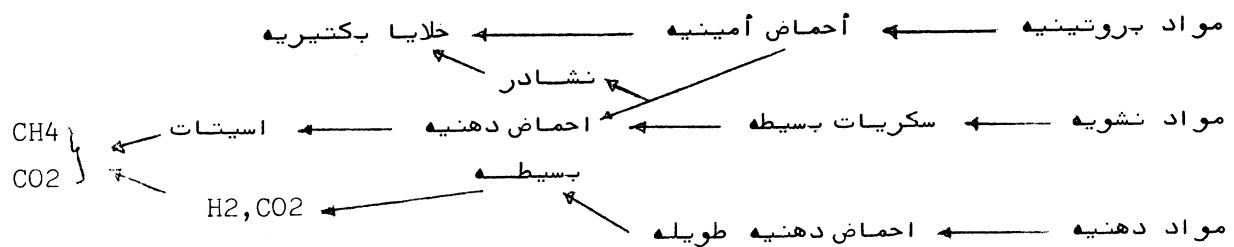
- تقوم المجموعة الأولى بمحاجمة المواد العضوية الأصلية (وهي مواد معقدة كيميائياً) ويتم تحطيلها إلى مركبات بسيطة حيث :

تحول المواد النشوية إلى سكريات بسيطة
تحول المواد الدهنية إلى أحماض دهنية وجليسرين
تحول المواد البروتينية إلى ببتونات

- تواصل نفس المجموعة التأثير على هذه المواد وتحولها جميعاً إلى أحماض دهنية بسيطة وكحولات بسيطة .

- تقوم المجموعة الثانية من البكتيريا بتحويل الأحماض الدهنية والكحولات من خلال تفاعلات متلازمة مكونة في النهاية غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون (الغاز الحيوي) .

ويوضح الشكل التالي تسلسل التفاعلات البيولوجية التي تتم خلال هضم المواد العضوية



وتجدر الاشارة الى أن البكتيريا اللاهوائية تختلف تماماً في تفاعلاتها عن البكتيريا الهوائية . ففي حين أن تأثير الأولى يمر بعمليات بيولوجية معقدة وحساستها للغائية لتأثير بعض العوامل المنشورة علاوة على حساستها الدقيقة للأكسجين الذي يبطل مفعولها نجد أن تأثير البكتيريا الهوائية على المواد العضوية يتم بطريقة مباشرة من خلال أكسدة المواد العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون وما مع انطلاق قدر كبير من الحراره .

وفيما يلى مقارنة بين تحرر المواد العضوية بتأثير البكتيريا اللاهوائية وتحمرها بتأثير البكتيريا الهوائية .

تحمر لاهوائي

- ضرورة عدم وجود أكسجين
- التفاعل معقد ويمر بمراحل متتالية ومتداخلة ويحول المادة العضوية إلى مواد بسيطة ثم إلى غاز حيوي .
- الغاز الحيوي(ميثان وثاني أكسيد كربون)
- سماد عضوي عالي الجودة .
- تختزن في صورة محتوى حراري بالغاز الحيوي .
- يتطلب استخدام أجهزة خاصة لضمان العزل التام عن الهواء وعزله حراريا مع استخدام وسائل تقليل .

تحمر هوائي

- ضرورة وجود أكسجين
- التفاعل بسيط و مباشر من خلال أكسدة المادة العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون وما
- غازات معظمها ثاني أكسيد كربون وما
- سماد عضوي منخفض الجودة .
- تنطلق مباشرة في صورة حرارة أكسدة .
- لا يحتاج إلى أجهزة خاصة بل يكتفى بتكييف المخلفات وتقليلها بين حين وآخر . وفي العمليات الكبيرة قد يتطلب الأمر أجهزة نفث هواء .

٣- المواد العضويه المستخدمه فى انتاج الغاز الحيوى

يمكن استخدام جميع المواد العضويه . وتمثل المخلفات الحيوانيه والأدميه والنباتيه ومخلفات الصناعات الغذائيه والقمامه أهم المواد المتاحة للاستخدام .

١- المخلفات الحيوانيه :

تمثل مخلفات الماشيه أهم المواد لتغذية وحدات انتاج الغاز الحيوى وذلك نظرا لكبر كمياتها واحتواها على العناصر الازمه للتتخمير بتنسب متوازن حيث يصل نسبة الكربون الى النيتروجين حوالي ٢٥-٢٠ بالاضافه الى احتواها على الفوسفور والبوتاسيوم . وتكون مخلفات حيوانات لانتاج الغاز الازم لاستهلاك اسرة متوسطة .

٢- زرق الدواجن :

زرق الدواجن يعتبر من المواد الغنيه والملايئه لانتاج الغاز الحيوى رغم احتواه على نسبة مرتفعة من النيتروجين وعلى ذلك فيفضل خلطه مع مخلفات عضويه أخرى تحتوى على نسب منخفضه من النيتروجين .

٣- المخلفات الأدميه :

تمثل المخلفات الأدميه مصدر هام أيضا لانتاج الغاز الحيوى رغم ارتفاع نسبة النيتروجين بها حيث تصل نسبة الكربون الى النيتروجين الى ١٠-٦ . ولكن لانتاج كمية ملائمه من الغاز لاستهلاك اسرة متوسطه العدد فانه يلزم لذلك تخمير المخلفات الأدميه لحوالى ١٠٠-٨٠ فرد .

٤- المخلفات الزراعيه :

تمثل المخلفات الزراعيه أهمية كبيرة بالنسبة لانتاج الغاز الحيوى نظرا لتوفر كميات منها . مثل قش الأرز والأتبان والأحطاب . وان كان يلزم لها معاملة خاصة بالاضافه الى احتياجها الى بعض العناصر الواجب اضافتها مثل النيتروجين حيث تتراوح نسبة الكربون الى النيتروجين بين ٦٠-٤٠ وهي غير ملائمه للتتخمير ويفضل خلطها بمواد غنيه بالنيتروجين مثل زرق الدواجن وروث الماشيه . ويفضل تخميرها فى المخمرات الغير مستمرة (المقطعه التغذية) .

٥- النباتات المائيه :

تمثل النباتات المائيه النهرية والبحريه آفاق واسعه لتعظيم دور الغاز الحيوى فى المستقبل . وأهم امثله لذلك ياسنت الماء الذى ينمو فى الانهار ونبات الكلب (Kelp) الذى يمكن استزراعه فى مياه البحار والمحيطات . وقد اظهرت التجارب امكانية استخدامه بنجاح فى انتاج الغاز الحيوى .

٦-٣ المخلفات الصناعية العضوية :

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

٤- العوامل المؤثرة على انتاج الغاز الحيوي

الى جانب ضرورة اجراء عملية التخمير بمعزل عن الهواء، فهناك بعض العوامل الاساسية التي تتحكم في انتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية وهي درجة الحرارة، درجة الحموضة ، نسبة الكربون الى النيتروجين ، تركيز المادة الصلبة ، زمن البقاء ، معدلات التحميل والمواد السامة .

٤-١ درجة الحرارة :

توثر درجة الحرارة بدرجة كبيرة على عملية التخمير وانتاج الغاز الحيوي ويوجد نوعان من البكتيريا : النوع الميثوفيلي وال النوع الشرموفيilli . و درجة الحرارة المثلث للتخمير الميثوفيلي هي $37-35^{\circ}\text{C}$ كما يمكن انتاج الغاز عند درجات الحرارة العادي $25-20^{\circ}\text{C}$ ، ولكن معدلات انتاج الغاز تنخفض بدرجة كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة . اما درجة الحرارة المثلث للتخمير الشرموفيilli فهي $55-60^{\circ}\text{C}$. ولتوضيح أثر الحرارة فعلى اعتبار أن انتاج الغاز يعادل 100% عن درجة الحرارة المثلث للتخمير الميثوفيلي (37°C) فإنه يرتفع إلى 250% عند التخمير الشرموفيilli وينخفض إلى أقل من 25% عند درجة حرارة 20°C .

٤-٢ درجة الحموضة :

تحتاج الكائنات الدقيقة في التخمير اللاهوائي الى وسط متعادل لتنتمكن من الاداء بكفاءة . ورغم ما من أن بكتيريا التحلل وتحويل المواد العضوية الى أحماض يمكن أن تعيش في ظروف حمضية حتى أنس ايذروجيني يعادل $\text{pH} 6-8$ الا أن بكتيريا الميشان تعمل بكفاءة في حدود أنس ايذروجيني يعادل $8-10$. وفي حالة اجراء عملية التخمير فإنه يحدث توازن بين بكتيريا تكوين الأحماض وبكتيريا انتاج الميشان ويظل أنس ايذروجيني قريبا من 7 . وفي حالة بدء التشغيل يفضل استخدام بادئ أو استخدام تركيزات منخفضة من المادة العضوية للارتفاع بالوصول الى مرحلة التوازن .

٤-٣ نسبة الكربون الى النيتروجين (C/N) :

تحتاج بكتيريا الأحماض (acid-forming bacteria) وبكتيريا الميثان (Methane-forming bacteria) الى الكربون والنيتروجين لنموها وتستهلكهم بنسبة $30-25$ كربون الى ا نيتروجين وهو ما يطلق عليه أن نسبة الكربون الى النيتروجين المثلث في التخمير اللاهوائي تعادل $30-25$. ويحتوى روث الماشية والاغنام على هذه النسبة تقريبا ولكنها تتغير بشدة طبقاً للمادة العضوية المستخدمة كما هو موضح في جدول (١) ومن ثم يجب المحافظة على النسبة المطلوبة بخلط المخلفات بالنسبة الملائمة .

جدول (١) كمية الغاز الحيوي الممكн انتاجه من المواد المختلفة (٢٠١)

| نسبة الميثان % | انتاج الغاز لتر/كمادة صلبة | مواد التغذية |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|
| <u> محلفات حيوانية</u> | | |
| ٦٠ - ٥٠ | ٢٨٠ - ٢٦٠ | روث ماشيه |
| | ٥٦١ | روث حنزير |
| | ٣٠٠ - ٢٠٠ | روث خيل |
| | ٣٦٠ | زرق دواجن |
| <u> محلفات نباتية</u> | | |
| ٧٠ | ٦٣٠ | ياسنت الماء الطازج |
| | ٣٧٠ | محلفات الكتان |
| ٥٩ | ٤٣٠ | تبن القمح |
| | ٦١٥ | سرس الأرز |
| ٥٠ | ٦٤٠ | محلفات المحارى |
| ٥٨ | ٦٠٠ - ٣٠٠ | المحلفات السائلة من مصانع انتاج الكحول |
| <u> المواد الغذائية</u> | | |
| ٤٩ | ٧٥٠ | الكريب وهيدرات |
| ٧٢ | ١٤٤٠ | الدهون |
| ٥٠ | ٩٨٠ | البروتين |

٤- تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية :

تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية بالنسبة للأجهزة المستمرة يتراوح بين ٨-١٠٪ حيث تحافظ هذه النسبة على سريان مناسب وتمتنع تكون الأحماس بمعدلات أكبر من استهلاكها مما يحافظ على التوازن المنشود في عملية التخمير وفي بعض عمليات التخمير المسخن قد يتم رفع نسبة المادة الصلبة إلى ١٢-١٤٪ لتقليل المتطلبات الحرارية وتحسين الاقتصاديات كما أن عمليات التخمير الجاف للمخلفات الصلبة مثل القش والأحطاب والقمامه تتم في تركيزات مرتفعة قد تصل إلى ٢٥٪ ونظرًا لتكوين الأحماس فإنه عادة يضاف مواد مساعدة مثل كربونات الكالسيوم للمساعدة على التوازن .

٤-٥ معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل) :

درجة التحميل بالماء العضوي هو كمية التغذية اليومية بالماء العضوي مقسومة على حجم المحمmer . ومعدلات التغذية بالمادة العضوية تمثل أهمية كبيرة حيث أنه بزيادتها يرتفع انتاج الغاز ولكن إلى حد معين ، حيث يسبب زيادتها تراكم الأحماس العضوي نظراً لعدم تمكن بكتيريا الميثان من تحويل الأحماس إلى غاز الميثان بال معدلات المطلوبة مما قد يسبب توقف انتاج الغاز . وتحتختلف معدلات التغذية بالمادة العضوية حسب تركيب المادة العضوية ونوع المحممر المستخدم وظروف التشغيل .

٤-٦ زمن بقاء المحلول في المخمر (HRT)

زمن بقاء المحلول في المخمر هو متوسط عدد الأيام التي يقضيها المحلول في داخل المحممر . وزمن البقاء الملائم تحتتها عوامل كثيرة منها ظروف التشغيل مثل درجة الحرارة وطبيعة المادة العضوية المستخدمة وسهولة هضمها ونوع المحممر المستخدم . وعادة يكون زمن البقاء حوالي ٤٠ يوم بالنسبة لتخمير روث الماشي في الظروف العادي بدون تسخين والحد الأدنى لزمن البقاء يحدده سرعة تكاثر البكتيريا حيث ان انخفاضه عن الفتره الازمه لتكاثر البكتيريا يساعد على خروج البكتيريا وتناقصها في المخمر (زمن الفسيل) مما يسبب توقف أو انخفاض انتاج الغاز . أما الحد الأقصى لزمن البقاء فإنه تحكمه عوامل اقتصادية حيث أن كبره يساعد على زيادة حجم المخمر ومن ثم زيادة تكاليف انتاج الغاز .

٤-٧ المواد السامة في التغذية :

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

والحد الأقصى المسموح به للمواد الضارة هو كما يلى (١) :

| | |
|-----------------|-----------------|
| ١٠٠ مجم / لتر | النحاس |
| ٢٠٠ مجم / لتر | الكروم |
| ٥٠٠ مجم / لتر | النيكل |
| ٢٥ مجم / لتر | السيانيد |
| ٥٥٠٠ مجم / لتر | الصوديوم |
| ٤٥٠٠ مجم / لتر | اليوتاسيوم |
| ٤٥٠٠ مجم / لتر | الكالسيوم |
| ١٥٠٠ مجم / لتر | الماغنسيوم |
| ٥٠٠٠ مجم / لتر | الكبريتات |
| ٤٠٠٠٠ مجم / لتر | كلوريد الصوديوم |

٤- استخدام البادئات :

عند بداية تشغيل المخمر فانه يفضل اضافة نسبة من مخلوط تخمير نشط وذلك للالسراع من عملية التخمير ، حيث يحتوى هذا المنشط على نسبة متوازنة من بكتيريا الميثنان وبكتيريا الحمض التي يمكنها أن تعمل مباشرة بعد اضافتها . وقد لا يحتاج الأمر الى استعمال المنشط حيث يمكن للمخمر السعمل بدونه في حالة استخدام روث الماشيه ولكن ذلك يتطلب الانتظار بضعة أيام لحين تكون ونحو عدد كاف من بكتيريا التحلل وبكتيريا الميثنان .

٩- التقليب داخل المخمر :

وهو من العوامل الضروريه اللازمه لرفع كفاءة عملية التخمير وزيادة انتاجية الغاز وعن طريق التقليب تتجانس مكونات المخمر وتزداد فرص التلامس بين المخلفات والبكتيريا ويزداد نشاط بكتيريا الميثنان مما يؤدي الى ارتفاع معدلات انتاج الغاز . كما أن التقليب يمنع تكون طبقة الخبث فوق سطح مخلوط التخمير وتبيّسها مما يعوق صعود الغاز لأعلى المخمر.

وتتجدر الاشارة الى أن عملية التغذيه اليوميه بالمواد الطازجه تعتبر احدى طرق التقليب . ولذا كان من المفضل تعدد مرات التغذيه اليوميه لزيادة فرص التقليب .

وعادة يستخدم التقليب اليدوي أو الميكانيكي أو التقليب باعادة دوران المحشوـل أو الغاز .

٥- نظم انتاج الغاز الحيوي

يتكون نظام انتاج الغاز الحيوي من المخمر حيث تتم عملية التخمير ، خزان الغاز لتخزين الغاز المنتج ، حجرة خلط مواد التغذية ، حجرة الخروج ، حجرة أو منطقة تخزين وتحجيف السماد وشبكة توصيل الغاز ومعدات استخدامه هذا بالإضافة إلى مناطق انتاج مخلفات التغذية اليومية ونقدم بها أساساً الحظيره ودوره المياه . ونجاح تكنولوجيا انتاج الغاز الحيوي يستدعي واختيار وضبط مكونات النظام لتكامل مع بعضها محققة الهدف وهو انتاج كمية ملائمة من الغاز مع انتاج سماد عضوي جيد والقضاء على الملوثات بأقل تكلفة ممكنه . ونعرض هنا المتطلبات الاساسية لانشاء الوحدات وبعض النظم التي نراها ملائمة للتطبيق في الوطن العربي .

١- متطلبات اختيار الموقع

يتحدد الموقع الملائم لانشاء وحدات لانتاج الغاز الحيوي سواء الوحدات المنزليه الصغيره أو الوحدات الصناعيه الكبيره طبقاً لعدد من العوامل والمقاييس نوجزها فيما يلى :

• نوع التربه وملاءمتها :

حيث أن معظم وحدات انتاج الغاز الحيوي تنشأ تحت سطح الأرض لذلك فإنه من الضروري التعرف الكامل على طبيعة التربه ونوعيتها ومواصفاتها من حيث الصلابه والقابلية للتتمدد أو الانكماش وكذلك مستوى المياه السطحية بها ومستوى الطبقات الصخرية أو الحجريه بها . حيث أن ذلك كله يؤثر مباشرة على تكاليف الانشاء .

• مساحة الأرض المتاحة :

يجب أن تتوفر مساحة كافية لانشاء المخمر وملحقاته وكذلك مساحة لاستقبال المواد المهمضومة وتتجفيفها وتداروها ونقلها .

• القرب من مصادر المخلفات :

يفضل اختيار الموقع على أقرب مسافة ممكنه من مصادر المخلفات (الحظائر ودورات المياه) وذلك لتحسين استخدام عمالة اضافية لنقل هذه المخلفات من مصادرها إلى المخمر . كذلك لامكانية تداول هذه المخلفات دون تلامس مباشر مع الأيد البشرية ومنعاً للتلوث منها .

• القرب من مناطق الاستخدام

يفضل إنشاء وحدة توليد الغاز قريباً من أماكن الاستخدام وذلك تخفيضاً لنفقات مد خطوط لتوسيع الغاز واحتمالات التسرب منها كذلك للحد من مقدار الضغط المفقود نتيجة سريان الغاز خلال الخطوط خاصة وأن ضغط الغاز الناتج من المخمر متخفض نسبياً .
كذلك يفضل تواجد الوحدة قريباً من الحقول الزراعية حتى يمكن نقل السماد المهضوم مباشرةً ودون تحمل تكاليف نقل أو عمالة زائدة .

• توفر مصادر للمياه :

يجب اختيار الموقع قريباً من مصدر مياه مناسب وكافٍ ودائماً .
وذلك لضمان توفير كميات المياه اليومية اللازمة لتخفيض المخلفات إلى النسبة المطلوبة قبل تغذيتها إلى المخمر مع ضرورة عدم احتواء هذه المياه على عناصر أو مواد ضارة لعملية التخمر .

• البعد عن مصادر مياه الشرب :

يجب التركيز على أهمية وضرورة عدم إنشاء وحدات إنتاج الغاز الحيوي قريباً من المصادر المتاحة لمياه الشرب من مجاري مائية أو آبار وذلك منعاً للتلوث هذه المصادر من المخلفات . وتعتبر مسافة ٢٠ متراً من هذه المصادر الحد الأدنى لموقع البناء .

٢-٥ تحديد حجم أوسعية وحدة إنتاج الغاز الحيوي :

يرتبط تحديد سعة الوحدة بعدة عوامل منها :

- * الكمية المتاحة من المخلفات ونوعها
- * حجم الطلب من الغاز الحيوي ونمط الاستهلاك
- * الغرض الأساسي من إنشاء الوحدة .

وتعتبر كمية المخلفات المتاحة واللزمة لتعذية الوحدة من أهم العوامل المحددة للحجم حيث يقدر حجم المخمر بحاصل ضرب حجم محظول التغذية عند درجة التركيز المطلوب في زمن البقاء المطلوب داخل المخمر . هذا علاوة على أن كمية الغاز المنتجة تتناسب مباشرةً مع كمية المخلفات التي ستغذى المخمر .

ويؤشر نوع المخلفات في شكل المخمر ونظام تغذيته وزمن البقاء وأسلوب التقليل حيث تختلف الوحدة التي تنشأ لمعالجة المخلفات الآدمية والحيوانية عن تلك التي تنشأ لمعالجة المخلفات الزراعية أو القمامه .

في حالة توفر كميات كافية من المخلفات يتحدد حجم المخمر طبقاً للاحتياجات الفعلية من الغاز . وطبقاً لنمط الاستهلاك يتحدد حجم الحيز المطلوب لاستقبال وتخزين الغاز . في حالة الاستخدام المستمر والمنتظم للغاز يكتفى بخزان غاز صغير الحجم . أما في حالة الاستخدام المتقطع والغير منتظم فيجب أن تكون سعة خزان الغاز كافية لتخزين الغاز أثناء فترات عدم الاستعمال . ويمكن تقدير حجم المخمر على اعتبار أن المتر المكعب من مخلوط التخمير يمكنه إنتاج حوالي ٣٠٠ متر مكعب غاز يومياً تحت الظروف العاديّة من درجة الحرارة (٢٥ - ٣٠°C) ونسبة تركيز المخلفات (٨ - ١٠ %) وزمن بقاء (٣٠ - ٤٠ يوم)

أما بالنسبة للغرض الأساسي من إنشاء الوحدة فإن ذلك يعتمد على تحديد الغرض :

- توليد طاقة أساساً وسماد بالدرجة الثانية
 - حل مشكلة تلوث البيئة بالإضافة إلى الطاقة والسماد
- ويعتمد شكل وتصميم وتشغيل المخمر تبعاً للغرض الأساسي الذي أنشئ من أجله .

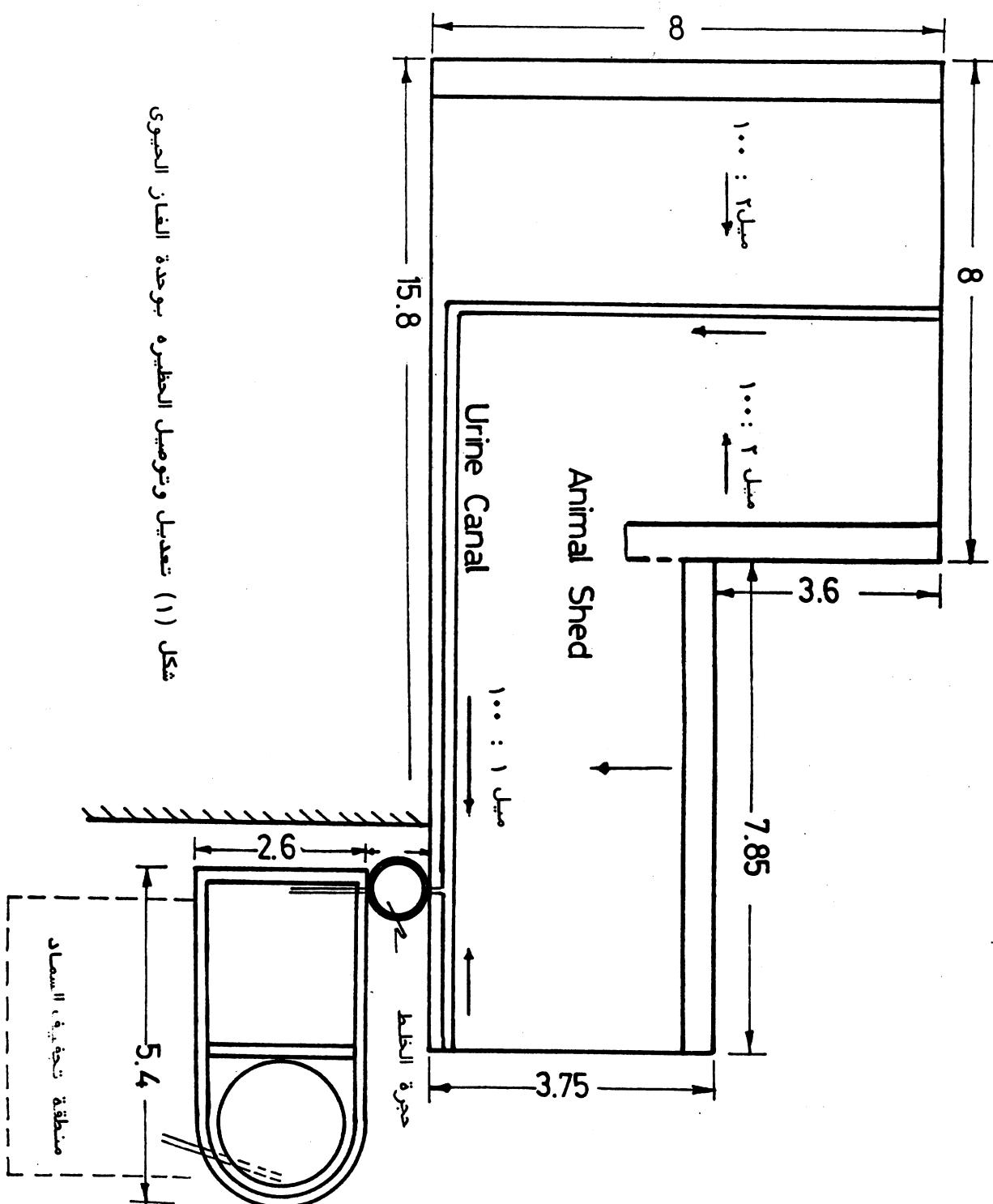
٥- المتطلبات الأساسية الالزامه عند اختيار التصميم

يتحدد التصميم الأمثل لوحدة إنتاج الغاز الحيوي طبقاً لبعض المتطلبات الأساسية التالية :

- يجب اختيار التصميم البسيط والذي يمكن تنفيذه وتشغيله بالعمالة المحلية المتوفرة
- ضرورة استخدام مواد البناء المتاحة محلياً
- مرونة التصميم لملاءمة التطبيق في الأماكن المختلفة وتحت ظروف بيئية مختلفة .
- توفر المادة العضوية الملائمة للتصميم
- العامل الاقتصادي لإنشاء وتشغيل الوحدة .

٤- توصيل الحظيرة ودورة المياه بوحدة إنتاج الغاز الحيوي

شكل (١) يوضح تسكين وحدة إنتاج الغاز الحيوي وتوصيلاتها بالحظيرة ودورة المياه . الحظيرة يتم تغطيتها بطبقة خرسانية بميكرو تسمح بتجميع وسريان البول عبر قناة تجميع البول إلى حجرة التغذية .



الروث يتم تجميعه وخلطه بالبول المتجمع في حجرة التغذية ثم يسمح بمرور المخلوط إلى المخمر . مخلفات المرحاض فقط توصل مباشرة إلى المخمر . وفي حالة نقص المياه الازمة لتخفيض الروث فإنه يمكن تجميع المياه المستخدمة في المنزل واستعمالها في التخفيف مع المحافظة على تركيز المخلوط في حدود ١٠٪ مادة صلبة . المخلفات العضوية المخمرة تخرج تلقائيا من حجرة الخروج حيث تجفف هوائيا في المنطقة المجاورة أو تخزن في حجرة حسب النظام الملائم . الغاز المتجمع يوصى بالمطبخ . توصيل الحظيره مباشره مع المخمر يحقق عدة مزايا منها منع التلوث الناجم عن البول وتوفير مياه التخفيف الازمة لضبط تركيز مخلوط التغذية . كما أن تبليط الحظيره يساعد على تجميع كميات أكبر من الروث وبعملة أقل مما يتاح انتاج كميات أكبر من الغاز .

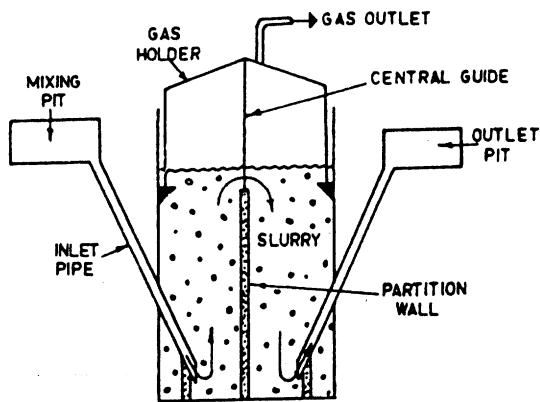
٥-٥ وحدات انتاج الغاز الحيوي وتصميماتها الملائمه

هناك العديد من التصميمات التي تم تطويرها واستخدامها في بلدان العالم النامي والمتقدم ونظرا لكثرتها فاننا نعرض هنا التصميمات الأكثر شيوعا في العالم كما نعرض بعض التصميمات التي تم تطويرها في المركز القومي للبحوث بالقاهرة وتمت تجربتها في الريف المصري وأثبتت ملائمتها للظروف المحلية والتي تتشابه في كثير منها مع الظروف في معظم البلدان العربية

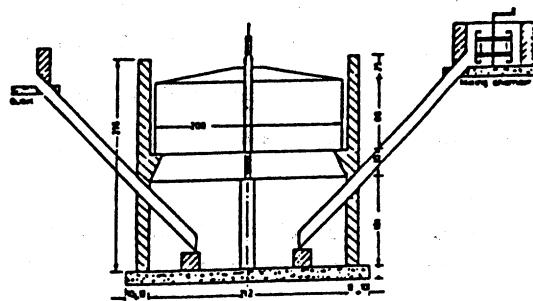
٥-٥-١ وحدة انتاج الغاز الحيوي من النوع ذو الخزان الطافى (تصميم هندي)

يعتبر هذا النوع من الأجهزة الأكثر انتشارا في الهند (٢٠١) كما ينتشر استخدامه في معظم أنحاء العالم نظرا لسهولة إنشائه وتشغيله .

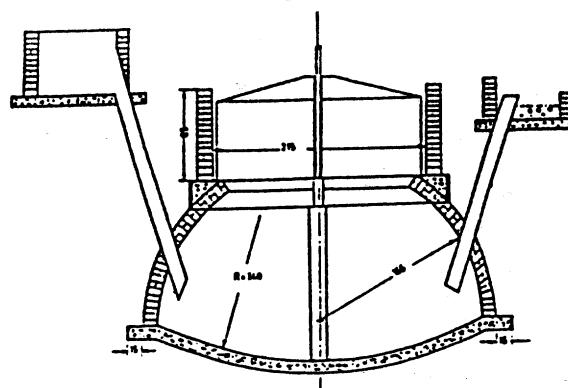
ويوضح شكل (٢) الوحدة . المخمر عبارة عن منشأ أسطواني الشكل من الطوب يبني عادة تحت سطح الأرض على أعماق كبيرة تساوى أو تزيد عن أربعة أمتار ويعتمد أرتفاع المخمر على قطره . المبنى مغطى بخزان معدني طافى مفتوح من أسفل ومغلق من أعلى ويسمح باستقبال وتخزين الغاز . ويتحرك الخزان لأعلى ويسمح باستقبال وتخزين الغاز . ويتحرك الخزان لأعلى وأسفل تبعا لاضافته أو سحب الغاز . ضغط الغاز يساوى وزن الخزان مقسوما على مساحة المقطع وهو عادة حوالي ١٠ سم بالنسبة للخزانات المعدنية . ولكن في حالة تصنيع الخزان من البلاستيك فان ضغط الغاز ينخفض ويلزم رفعه بالإضافة أوزان فوق الخزان . خزان الغاز المعدني قوى من الداخل بزوايا حديديه كما يوجد به شرائح معدنيه تساعده على تكسير الرغوه عند دوران الخزان بدويها . الخزان يتحرك رأسيا إلى أعلى وأسفل بمساعدة دليل معدنى مثبت فى جدران المخمر .



شكل (٢) وحدة انتاج غاز حيوي طراز هندي (ذوالخزان الطافى)



شكل (٢أ) وحدة انتاج غاز حيوي طراز هندي معدل (المركز القومى للبحوث القاهرة)



شكل (٢ب) وحدة انتاج غازى حيوى طراز بوردا معدل (المركز القومى للبحوث القاهرة)

ويحتوى المخمر عادة بالنسبة للأحجام الكبيرة ، على فاصل أو أكثر لتحسين السريان ومن ثم رفع كفاءة الهضم في المخمر . ويتم تغذية المخمر باستمراً بمعدل مره يومياً أو أكثر . حيث يتم خلط الروث مع الماء في حجرة التغذية ثم يسمح بمرورها إلى المخمر بواسطة ماسورة التغذية التي تصل إلى أسفل المخمر . ويتم خروج كمية مماثلة من المحلول المخمر من ماسورة الخروج . ورغم من سهوله انشاء وتشغيل المخمر الهندي الا ان له كثير من العيوب والمحددات ومن أهمها :

١- ارتفاع تكلفة البناء والصيانة نظراً لوجود الخزان المعدني المرتفع التكاليف والذي يتآكل من الصدأ ويحتاج لصيانة سنوية .

٢- العمق الكبير للمخمر والذي لا يقل عن اربعة امتار مما يجعله غير ملائم للمناطق ذات المياه السطحية المرتفعة .

شكل (٢أ) يوضح أحد التطويرات التي أجريت في المركز القومي للبحوث للطراز الهندي حيث غيرت النسبة بين الارتفاع والقطر كما تم تغيير ارتفاع الجهاز بما يسمح باستخدامه في المناطق ذات المياه السطحية المرتفعة

شكل (٢ب) يوضح أحد التطويرات التي أجريت في المركز القومي للبحوث لطراز البوردا وهو أيضاً يعتبر تطويراً للطراز الهندي حيث ينشأ الجزء السفلي على شكل نصف كره مما يساعد على تقليل الأعمق اللازم كما يوفر في المسواد الانشائيه اللازم ومن ثم يحسن اقتصادييات انتاج الغاز الحيوي . القاع على شكل مخروط أو جزء من كره للمساعدة على تحمل ضغط المياه السطحية ان وجدت

وتحتاج وحدات التخمير إلى اعمال بناء ومحارة خاصة لمنع تسرب المخلوط، ففي اعمال البناء يجب وضع طبقة خفيفة من مواده الاسمنتية غنية ورطبة مع الضغط على الطوب حتى تختزل الفواصل تماماً . ويجب مداومة رش المنشأة لمدة عدة أيام ثم يتم بعدها عملية المحارة . وتتم عملية المحارة باستخدام خمسة طبقات في نفس اليوم على النحو التالي وذلك طبقاً للنظام الصيني فـ التشطيب .

الطبقة الاولى : فرشة محلول اسمنت مع الماء مع اضافة ٢٪ سيلكات صوديوم

الطبقة الثانية : بعد حوالي نصف ساعة من الفرشة الاولى يتم عمل طبقة المحارة بسمك ٤ مم مع الضغط الشديد لتقليل التفاذيه . يتم تحضير المونته بخلط ١ اسمنت + ٣ رمل + $\frac{1}{6}$ لبنة جير ويتم اضافة سيلكات صوديوم بنسبة ١٪ من وزن الاسمنت . ويعاد ضغط طبقة المحارة بعد نصف ساعة .

الطبقة الثالثة : فرشة كما في الطبقة الاولى وتتم بعد ساعتين من الطبقة الثانية
الطبقة الرابعة : تجرى كما في الطبقة الثانية وتتم بعد نصف ساعة من الطبقة
الثالثة
الطبقة الخامسة : كما في الطبقة الاولى .

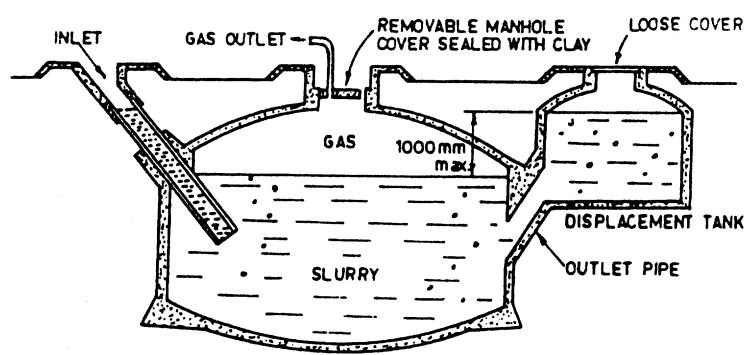
٥-٢-٥- وحدة انتاج الغاز الحيوي من النوع المضغوط بالماء (طراز صيني)

هناك العديد من التصميمات الصينية المضغوطه بالماء وان كانت اشهرها واكثرها انتشار هو النوع المنشأ على شكل قبو من أعلى (٤-٢) كما في شكل (٣) والمخمر عبارة عن قاعدة خرسانية كروية الشكل يعلوها جزء اسطواني عادة يبني من الطوب أما السقف فهو على شكل قبو ويبنى من الطوب عادة . كما يمكن صبه المخمر من الخرسانه . ويتم ذلك حول المخمر واعلاه بالتراب او الرمال لحمايته من الضغط الداخلى . المخمر مزود بمسورة للتغذيه تسمح بمرور الروت الذى يتم خلطه في حجرة التغذيه . ماسورة الخروج موصله بحجرة الخروج . يتوسط القبو العلوي غطاء خرسانى يسمح بالدخول للصيانة كما يثبت به عادة ماسورة خروج الغاز . الجزء السفلي من المخمر يملأ بالمحلول ويعمل كمنطقة التخمير اما الجزء العلوي فيعمل كخزان غاز . فعند تجمع الغاز في المنطقة العلوية فان الضغط يرتفع مسببا ازاحة للسائل من المخمر الى حجرة الخروج . وعند سحب الغاز فأن الضغط ينخفض في داخل المخمر ويتم تبعا لذلك دخول كمية من السائل من حجرة الخروج الى المخمر . ومعنى ذلك ان ضغط الغاز في النظام الصيني يتغير (صفر - ١٠٠ سم عمود ماء) وذلك بعكس النظام الهندي ذو الضغط الثابت . ونظرا لأن الجزء العلوي من المخمر يعمل كخزان غاز لذلك يجب العنايه به جيدا في عملية المحاره لمنع تسرب الغاز . وتنتم عملية المحاره كما سبق ذكره في المخمر على عدة طبقات مضغوطه كما يتم تغطية منطقة خزان الغاز بمحلول شمع في كيروسين لتقليل نفاذية السطح ومنع تسرب الغاز .

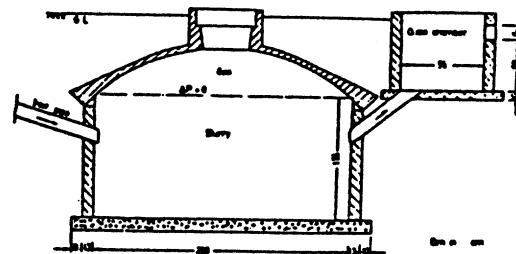
واهم مزايا هذا النوع هو انخفاض تكلفته - والتي تصل الى حوالي نصف تكلفة الجهاز الهندي - نظرا لغياب الخزان المعدني المكلف .

اما عيوبه فهي صعوبة البناء والاحتياج الى عماله ماهره ومدربه كما يحتاج الى عماله في نزح المحلول المخمر من حجرة الخروج . هذا بالإضافة الى انخفاض الانتاجية من الغاز نظرا لفقد الكبير في الغاز من حجرة الخروج .

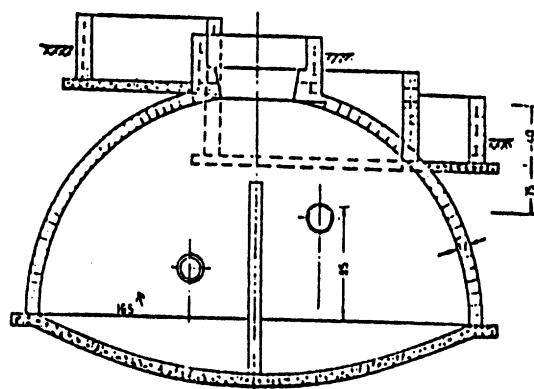
وللتدارك العيوب في المخمر الصيني فقد قام الفريق البحثي لمشروع الغاز الحيوي بالمركز القومى للبحوث بتطوير عدة تصميمات كما هو موضح في شكل



شكل (٣) وحدة انتاج غاز حيوى طراز صيني (الصين)



شكل (٤) وحدة انتاج غاز حيوى صيني معدل (المركز القومى للبحوث)



شكل (٤ـبـ) وحدة انتاج غاز حيوى طراز مصرى - صيني (المركز القومى للبحوث)

(١٣) ، بـ ٣ و يمثل شكل ٣ ب آخر التطويرات التي تمت بنجاح . والمختبر عبارة عن نصف كره مبني من الطوب الأحمر الجيد . القاعدة خرسانية كروبية الشكل أو مخروطية . حجرتى الدخول والخروج متباورتان ومسخنات بالطاقة الشمسية . ويناسب الجهاز الطراز العائليه والجماعية بأحجام ٥ - ٣٠ م^٣ .

ويتميز الجهاز بالمزايا التالية :
- يحتاج إلى اعمق أقل من التصميم الصيني وبذلك فهو أكثر ملاءمة للأرض التي يصعب الحفر فيها أو في حالة ارتفاع منسوب المياه السطحية .

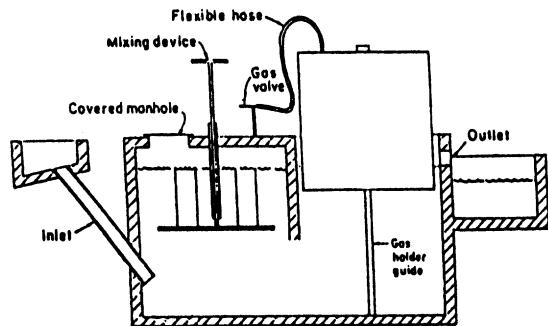
- سهولة البناء وقلة التكاليف اللازم
- ارتفاع معدلات انتاج الغاز
- زيادة امكانيات تخزين الغاز مع المحافظة على الفقد في الغاز في أدنى مستوى ممكن
- المحلول المخمر يناسب تلقائيا تحت تأثير ضغط الغاز مما يوفر العمالة والجهد اللازم لذلك .

٣-٥-٥- وحدة انتاج الغاز الحيوي من النوع الافقي (الفلبين)

الوحدة مستطيله الشكل وتنتهي بخزان غاز من النوع الطافى فى الوحدات الصغيره (٢٠م^٣) كما هو موضح في شكل (٤) . أما في الوحدات الكبيره فان خزان الغاز يكون منفصلا . وقد تم تطوير هذا الطراز فى شركة مايافارم بالفلبين وقد أنشأت وحدات غاز حيوي من هذا الطراز بأحجام تتراوح من ١٠ - ٢٠٠٠ م^٣ فى الفلبين . ويتميز هذا الطراز بملاءمتة للمناطق التي يصعب انشاء الوحدات فيها على أعماق كبيرة مثل ارتفاع المياه السطحية أو صعوبة الحفر كما أنه تلائم الأحجام الكبيرة من المخمرات . وأهم عيوبها ارتفاع التكلفة بالنسبة للأحجام الصغيره بالإضافة إلى احتمالات تسرب الغاز من السقف الخرساني .

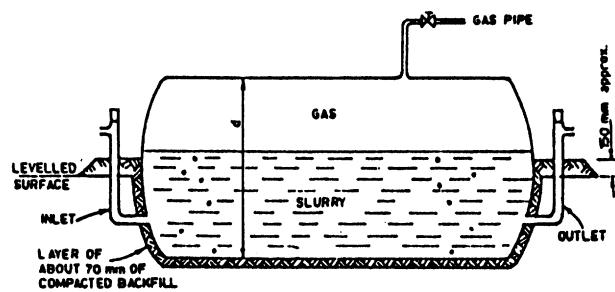
٥-٤- وحدات التخمير البلاستيكية

ينتج حاليا في بلدان كثيرة وحدات تخمير بلاستيكية جاهزة (شكل ٥) وهي عادة أسطوانية الشكل وبها ماسورة للدخول وأخرى لخروج المحلول المخمر وماسورة لخروج الغاز . ونظرا لأن الوحدات جاهزة فان تركيبها سهل وسريع حيث يتم حفر خندق ملائم ل الحكم الوحده ويتم تثبيت ماسورتهن الدخول والخروج في حجرتى الدخول والخروج . والوحدة عادة تستخدم للتخلص وتخزين الغاز حيث يستخدم الجزء العلوي كخزان غاز . ولرفع الضغط تتوضع أحمال فوق الجهاز . وأهم مزايا هذه الانواع هي :



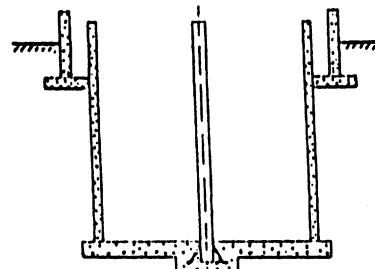
Horizontal Continuous-Fed Biogas Digester
(Maya Farm, Obias)

شكل (٤) وحدة انتاج غاز حيوي من النوع الافقى مايا فارم - الفلبين



Bag Digester (Taiwan).

شكل (٥) وحدة انتاج غاز حيوي بلاستيكية (تايوان)



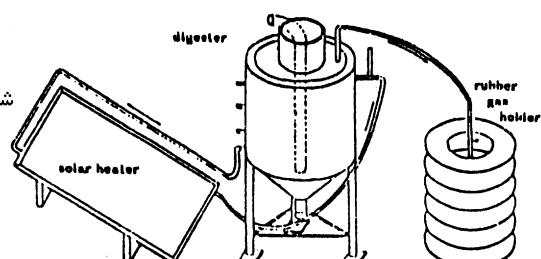
Dry Fermenter

شكل (٦) وحدة انتاج غاز حيوي بالتخمير الجاف (المركز القومى للبحوث)

Mini Digester, (NRC)

شكل (٧) مخمر معدنى مسخن بالطاقة

الشمسية (المركز القومى للبحوث)



- جاهزة ومن ثم يسهل الاستخدام والنشر
- درجة حرارة التخمير عادة أعلى نظراً لاستفادتها من الطاقة الشمسية وتبعداً لذلك فان معدلات انتاج الغاز أعلى .
- نفقة الشكل مما يجعلها مكبسيّة السريان ومن ثم تساعد على ارتفاع الكفاءة .
- تكلفتها منخفضة نسبياً

وأهم عيوبها هو سهولة تمزيقها وتلفها . وان كانت تايوان قد انتاحت نوع مصنع من البولي فنيل كلوريد المخلوط مع مخلفات صناعة الالومنيوم يتميز بتحمله الطويل (عشر سنوات) للظروف الجوية كما يسهل لصقه في حالة حدوث تمزقات أو ثقوب ويجرى استخدامه حالياً بنجاح في بلدان كثيرة من العالم .

٥-٥-٥. وحدات التخمير الجاف

يطلق التخمير الجاف على العمليات التي يستخدم فيها نسبة مرتفعة من المواد الصلبة تزيد على ٢٠٪ . وهي عادة تستخدم لتخمير المخلفات الجافة مثل المخلفات الزراعية والقمامة . وعلى ذلك فان التخمير الجاف يمكن ان يساعد على توفير الغاز الحيوي في حالة نقص المخلفات الحيوانية . شكل (٦) يوضح أحد التصميمات المستخدمة لانتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية بالتخمير الجاف . والوحدة عبارة عن وحدة تخمير بنظام التغذية المتقطعة ويعملوها خزان معدني أو بلاستيك . وتعمل الوحدة بنظام التغذية المتقطعة وللحصول على امداد مستمر من الغاز فإنه يلزم انشاء وحدتين لتعمل أحدهما وقت تفريغ واعادة شحن الأخرى . وأهم عيوب هذه الطريقة هو ارتفاع تكلفة البناء وارتفاع تكلفة العمالة اللازمة للتعبئه والتفریغ ، الا أنه قد يعوض ذلك المزايا العديدة لهذه الطريقة ومنها :

- امكانية انتاج الغاز الحيوي دون الاعتماد على الحيوانات
- امكانية انشاء الوحدات بعيداً عن المنازل في حالة تعذر تسكينها بجوار المنزل
- انتاج كميات اضافية من السماد واضافات للعلف

٥-٥-٦. المخمر الجاهز المسخن بالطاقة الشمسية

ينتج حالياً مخمرات جاهزة صغيره الحجم مصنوعه عادة من المعادن أو البلاستيك بأحجام ١ - ٢م^٢ . شكل (٧) يوضح أحد المخمرات التي تصميمها

وتطويرها بالمركز القومى للبحوث . والمixer بحجم ١م^٣ . ولرفع انتاجية الغاز فان المixer مسخن بالطاقة الشمسية . ارتفاع كفاءة تحويل المادة العضوية الى غاز يساعد على الوفاء باحتياجات الأسرة من الطاقة اعتمادا على عدد أقل من الحيوانات ومن أهم مزايا هذا النوع :

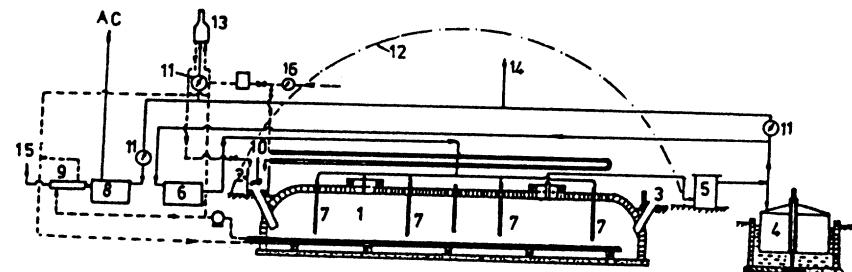
- جاهز ومن ثم يسهل نشره في المجتمعات الريفية
- انتاج كمية غاز تكفي اسرة اعتمادا على مخلفات حيوانين فقط
- صغيرة الحجم ومن ثم يسهل ايجاد مكان لها .
- تثبت فوق سطح الأرض ومن ثم فهي تلائم حالات ارتفاع مستوى المياه السطحية والتربيه التي يصعب الحفر فيها .

٥-٥-٦- المخمرات الكبيرة

هناك العديد من الانواع المستخدمة كوحدات كبيرة مميكنه لانتاج الغاز الحيوي من المخلفات الحيوانية الآدميه ولعل أهمها هو النوع النفقى والذى يتميز بسريان مكبس . ويختلف شكل المقطع من نوع الى آخر . شكل (٨أ) يوضح وحدة انتاج غاز حيوي كبيرة مميكنه وهي من النوع النفقى . شكل (٨ب) يوضح نوع اخر من المخمرات النفقية مزدوجه المسار وهو منشأ من الخرسانه . شكل (٨ج) يوضح أحد المخمرات النفقية المميكنه وتتميز بصفتها المرن المصنوع من مواد بلاستيكية مرنة . وتلائم هذه الوحدات انتاج الغاز من مخلفات الحظائر الكبيره . وكبير حجمها يسمح باستخدام معدات ميكانيكيه لخط الغاز ، ومفخات لسحب المحلول . كما أنها عادة تسخن لرفع الكفاءة من خلال دائرة تسخين مغلقة ومتحكم فيها ويتم التسخين باستخدام جزء من الغاز أو باسترجاع الطاقة المفقودة من آلات الاحتراق أو بالطاقة الشمسية .

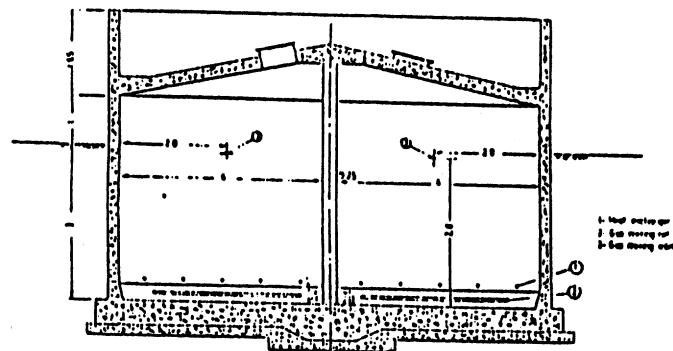
٥-٥-٧- نظم متقدمة أخرى لانتاج الغاز الحيوي

في الأجهزة السابقة يتم تغذية المixer من ناحية وتخرج المواد المختبره جميعها (المواد العضويه وبكتيريا التخمر) من الناحيه الأخرى وعلى ذلك ففى حالة استخدام زمن بقاء صغير (معدلات تغذية مرتفعه) فان البكتيريا قد تخرج قبل أن تتکاثر وهي الظاهرة المسماه (ازالة البكتيريا أو غسل البكتيريا) وما يستتبعه من توقف المixer . ولتدارك هذا العيب فقد طورت انظمه تسمح بتعليق البكتيريا على معهد داخل المixer مما يسمح بتغذية المixer بمعدلات مرتفعه أو بمعنى آخر تصغير زمن البقاء ليصبح عدة ساعات دون خطورة ومن ثم ترتفع معدلات انتاج الغاز بدرجة كبيرة . وتلائم هذه التكنولوجيا تخمير المخلفات الدائبه في الصناعات المختلفه . وتنتمي هذه العمليات فى مهد ثابت أو متمدد أو ممبع

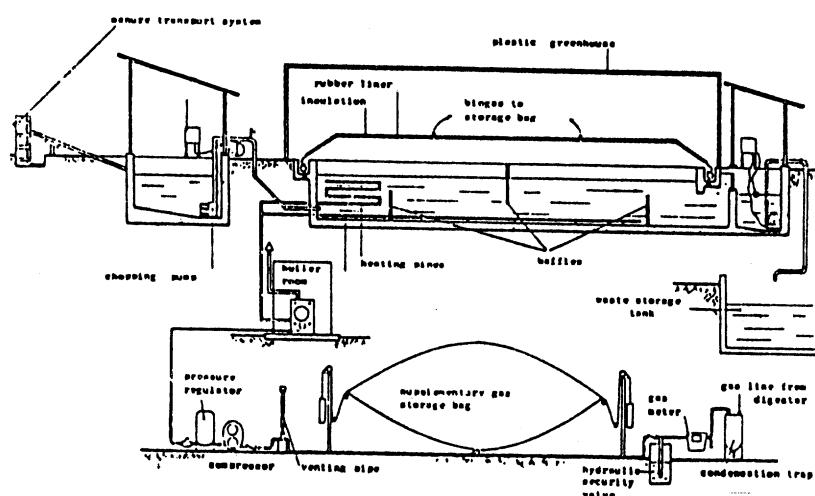


1- Tunnel digester
2- Feed chamber
3- Effluent outlet
4- Gasholder
5- Gas Scrubber
6- Gas Compressor
7- Gas mixing distributors
8- Electrical power generator
9- Engine waste-heat recycle
10- Solar water heater
11- Gas meters
12- Greenhouse
13- Gas heater
14- Main biogas line
15- Flue gases
16- Water meter

شكل (أـ) وحدة انتاج غاز حيوي كبيرة من النوع النفقي (المركز القومى للبحوث)



شكل (بـ) وحدة انتاج غاز حيوي كبيرة من النوع النفقي (المركز القومى للبحوث)



شكل ٨ج) وحدة انتاج غاز حيوي من النوع النفقي ذو السقف المرن (ايطاليا)

كما يتم في بعض النظم فصل مراحل التخمير إلى مرحلتين : مرحلة انتاج الأحماض العضويه من المخلفات ومرحلة انتاج الميثان من الأحماض وتتم كل مرحلة منفصلة عن الأخرى . وتنتمي هذه الطريقة بامكانية التشغيل بمعدلات تغذية مرتفعة دون خوف من توقف انتاج الغاز . وتلائم هذه النظم الوحدات الكبيره .

٦- استخدام الغاز الحيوي

يحتوى الغاز الحيوي على حوالي ٦٠٪ ميثان والباقي أغلبه ثاني أكسيد الكربون (٤٠-٣٥٪) بالإضافة إلى كميات قليلة من الأيدروجين والنيتروجين والاكسجين وأشار من كبريتيد الأيدروجين . وعلى ذلك فان الغاز الحيوي يمكن استخدامه كمادة خام في الصناعات الكيماوية التي تعتمد على غازالميثان أو ثاني أكسيد الكربون ولكن هذا الاستخدام يلائم الانتاج الصناعي الكبير . أما في الريف فان استخدام الغاز كمصدر للطاقة يمثل الاستخدام الأساسي .

٦- خواص الغاز :

الغاز الحيوي عديم اللون ذو رائحة مميزة نتاج احتوائه على آثار من كبريتيد الأيدروجين . وهو أخف قليلاً من الهواء ويعطي شعله نظيفه زرقاء عند الاشتعال ولا يتختلف عن دخان

$$\text{الطاقة الحراريه} = ٥٠٠٠ - ٦٠٠٠ \text{ كيلو سعر}/\text{م}^3$$

سرعة اللهب : ٣٥ سم / ثانية

حدود الاشتعال في الهواء : الخليط الذي يحتوى على ٢٥-٦٪ غاز مخلوط بالهواء يمكن اشتعاله . أما في غير هذه الحدود فلا يشتعل وهي حدود ضيقه مما يجعله أكثر أمناً من كثير من الغازات الأخرى الكفاءة الحراريه : تعادل مثيلتها للوقود الغازي وهي حوالي ٦٠٪

٦- استخدامات الغاز كوقود :

يمكن استخدام الغاز كوقود في جميع الاستخدامات ومنها : أعمال الطهي والأضاءة ، التسخين ، التبريد ، تشغيل المعدات الميكانيكية وانتاج الطاقة الكهربائية .

٦-١ المواقـد :

يمكن استخدام المواقد الغازيه التي تستخدم الغاز الطبيعي أو غاز البوتاجاز ولكن بعد تطويرها لتلائم الغاز الحيوي . وفي حالة تعديل موقد بوتاجاز ليعمل بالغاز الحيوي يراعى الآتي :

- الطاقة الحراريه للغاز الحيوي أقل من مثيلتها للبوتاجاز بالنسبة لوحدة الحجم وعلى ذلك فهناك ضرورة لتوسيع فتحة خروج الغاز (الغرنبيه) للحصول على نفس كمية الحراره .

- كمية الهواء الاولى الازمه لحرق الغاز بكفاءة أقل بالنسبة للغاز الحيوي عن مثيلتها في حالة البوتاجاز ومن ثم يجب تصغير فتحة دخول الهواء الاولى .

- سرعة اللهب بالنسبة للغاز الحيوي أقل بكثير من مثيلتها في البوتاجاز ولذلك يجب تقليل سرعة خروج مخلوط الغاز والهواء حتى لا يتقطع اللهب . ويتم ذلك بتوسيع

فتحات الموقد . وعادة تحقق هذه التعديلات كفاءة معقوله للموقد . وان كان يفضل تصميم موقد خاصه لاستخدام الغاز الحيوي حتى يمكن الوصول بالكافاءه الى الحد الأقصى . وينتاج حالياً موقد خاصه تعمل باستخدام الغاز الحيوي في الصين والهند .

شكل (٩) عبارة عن موقد خشب ريفي معدل ليعمل بالغاز ولكن كفائه منخفضه .
شكل (١٠) يوضح بعض المواقف المنتجه في الصين لاستخدام الغاز الحيوي وهي مصنوعه من الفخار وتتميز بانخفاض تكلفتها وارتفاع كفائيتها . شكل (١١) يوضح موقد معدنيه تنتج في الهند على نطاق تجاري خصيصاً للغاز الحيوي وهي تتميز بارتفاع الكفاءه . كما ينتج منها موقد ذو شعلتين ايضاً .

وللاسترشاد نعرض مواصفات موقد وفرن بوتاجاز مصرى (شكل ١٢) عدل ليعمل بالغاز الحيوي تحت ضغط ١٠ سم ، ٢٥ سم عمود ما ، كما هو موضح في جدول (٢) .

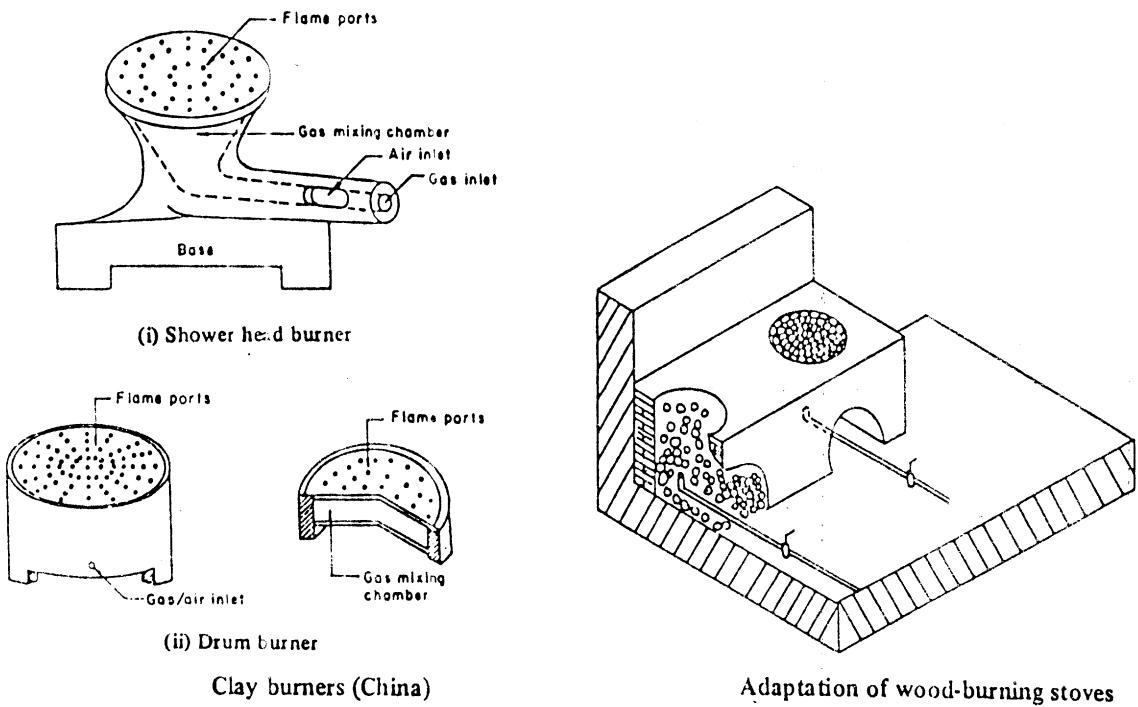
جدول (٢) مواصفات موقد البوتاجاز المعدل للغاز الحيوي .

| الفرن | الموقد الصغير | الموقد المتوسط | الموقد الكبير | المواصفات |
|-------|---------------|----------------|---------------|----------------------------------------|
| ٥٠٠ | ٢٣٠ | ٣٠٠ | ٣٩٠ | استهلاك الغاز ، لتر/ساعة |
| ٢٣٣ | ١٥٥ | ١٨٦ | ٢ | قطر فتحة الغاز لضغط ١٠ سم عمود ما ، مم |
| ١٨١ | ١٢١ | ١٤٤ | ١٦٦ | " " " ٢٥ " ، مم |
| ٦ | ٣ | ٤ | ٥ | قطر فتحة الهواء الاولى ، مم |
| ٨٠ | ٢٠ | ٢٨ | ٣٢ | عدد فتحات الاشتعال ، |
| ٣ | ٤ | ٤ | ٤ | قطر فتحات الاشتعال ، مم |

٢-٢-٦ مصابيح الاضاءه :

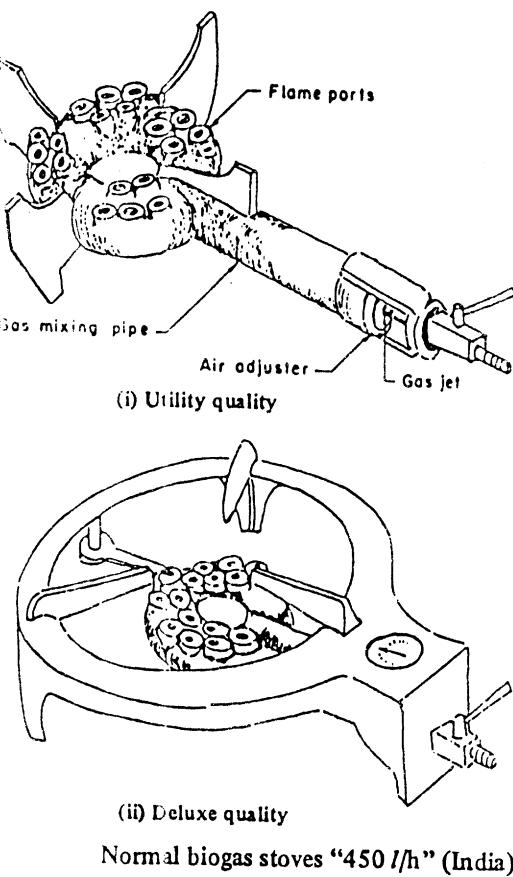
يستخدم الغاز مباشرة في تشغيل مصابيح الاضاءه ويمكن تعديل المصابيح الغازيه الموجوده . وتنتج الصين والهند مصابيح تعمل بالغاز الحيوي . شكل (١٣) يوضح تصميم هندي لمصباح برتينه واحده يعمل بالغاز الحيوي ويتميز بالكافاءه العاليه . ويوجد نموذجان من التصميم أحدهما للاستخدام داخل المنزل (أ) بينما الآخر يلائمه الاستخدام خارج المنزل (ب) في الهواء الطلق . وتعديل مصابيح غاز البوتاجاز ل تعمل بالغاز الحيوي شبيه بما تم ذكره في الموقد . ويحتاج المصباح الى حوالي ١٢٠-١٠٠ لتر غازى حيوي في الساعة . وعلى ذلك فان قطر فتحة الغاز يعادل حوالي ١ مم ، ٨٠ مم بالنسبة لضغط غاز يعادل ١٠ سم ، ٢٥ سم عمود ما .

شكل (١٤) يوضح مصباح هندي ذو رتيبتين صمم حصرياً للغاز الحيوي ويعمل بكفاءه عاليه تحت ضغط ١٠-٨ سم عمود ما . والمصباح معدنى والطريوش من الفخار .



شكل (١٠) موقد غاز حيوى مصنوع من الفخار
(الصين)

شكل (٩) تعديل موقد حرق الحشب ليعمل
بالغاز

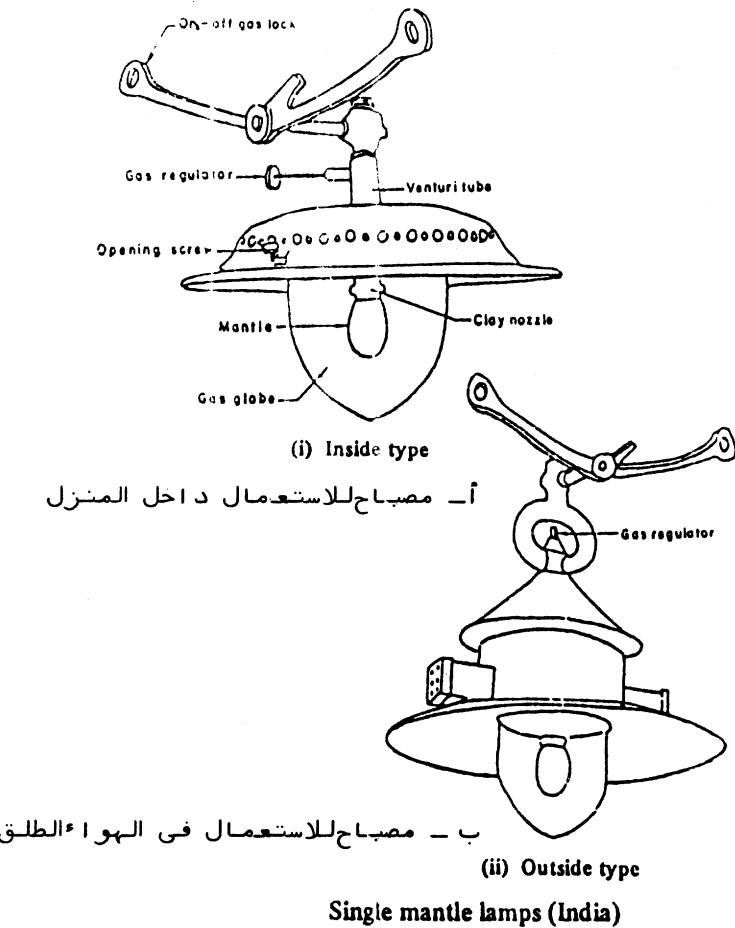


Normal biogas stoves “450 l/h” (India)

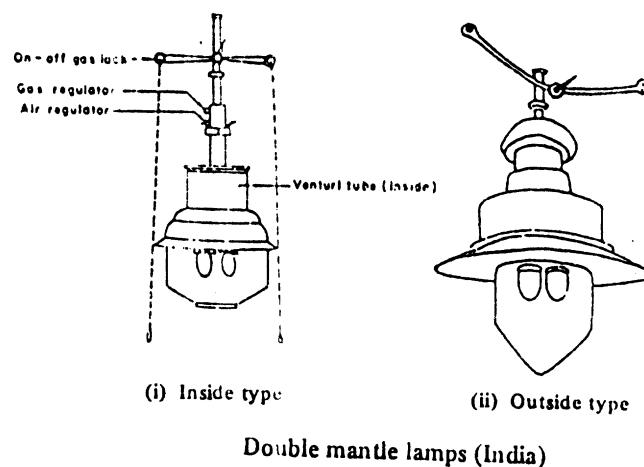
شكل (١١) موقد غاز حيوى مرتفعة الكفاءة (الهند)



شكل (١٢) موقد بالفرن بوتساجار معدل للفان الحيوى
(مصر)



شكل (١٣) مصابيح غاز حيوى وحيدة الشعلة (الهند)



شكل (١٤) مصابيح غاز حيوى مزدوجة الشعلة (الهند)

شكل (١٥) يوضح تصميم صيني لمصباح بسيط يمكن تجميعه بينما يوضح شكل (١٦) تصميم صيني مصنوع جمیعه من الفخار ويلائم الضغوط المرتفعة المستخدمة في الأجهزة الصينية ويكثر استخدامه في الصين ويتميز بارتفاع الكفاءة وانخفاض التكلفة . شكل (١٧) يوضح مصباح منضذه من انتاج باكستان .

التسييـن ٦-٣ :

يستخدم الغاز الحيوى فى جميع أعمال التسخين والتتدفئة . ويمكن تعديل المعدات المستخدمة لتلائم الغاز الحيوى . فقد استخدم فى تدفئة مزارع الدواجن وعاادة تستهلك المدفأة حوالى ٥٠٠ لتر/ساعة (قطر فتحة الغاز ٣٢٣م) . كما يمكن تعديل سخان مياه (١٠ لتر/دقيقة) ليعمل بالغاز الحيوى . ويستهلك السخان حوالى ٣٣م^٣/ساعة كما هو موضح فى شكل (١٨) .

٦-٤ التبرير :

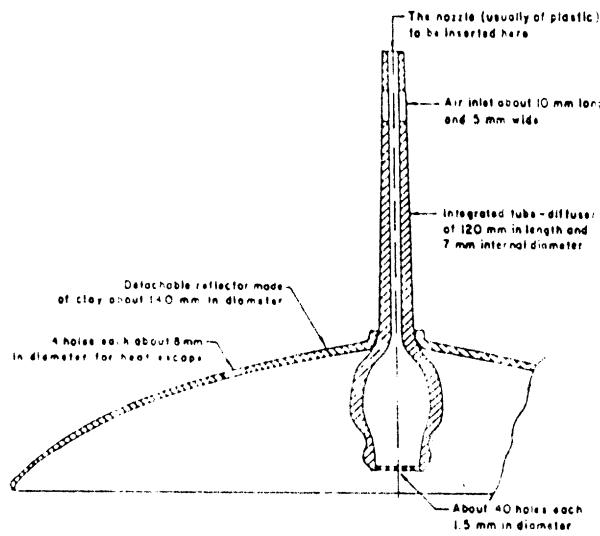
يمكن استخدام الغاز مباشرة في أعمال التبريد باستخدام نظام الامتصاص . وهو النظام الذى يتم فيه تسخين محلول التبريد بدلا من ضغطه . وتعديل معدات التبريد من هذا النوع يخضع لنفس الأسس التى تم ذكرها فى تطوير المواقد . وعامة فـان التبريد بهذا النظم يتميز بـانخفاض الكفاءة . و تستهلك الثلاجة الصغيرة (١٨٠ لتر) حوالى ٥١٣ / يوم .

٦-٥ انتاج الطاقة الميكانيكية :

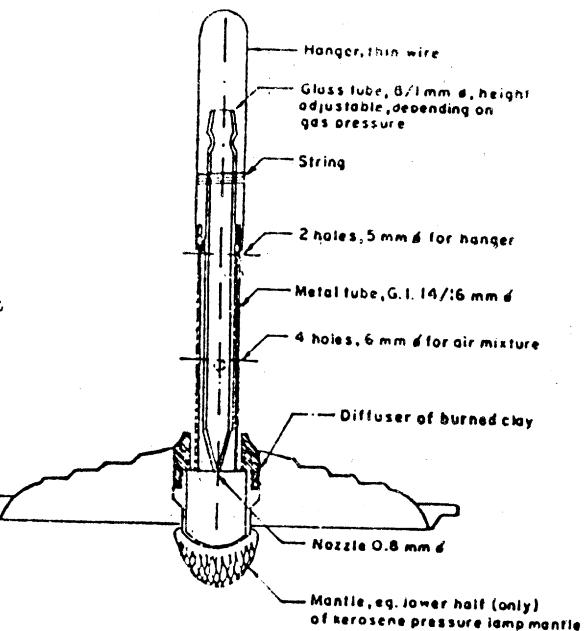
الفاز الحيوى يعتبر وقود جيد لتشغيل الماكينات سواءً الديزل أو البنزين . ويستخدم الفاز الحيوى فى تسيير السيارات وذلك بعد ضغطه فى اسطوانات تحت ضغط مرتفع (١٦٠ جوى) أو تعبئته فى خزانات بلاستيك أو مطاط خفيفة الوزن وذلك تحت ضغط منخفض (١٠ سم عمودماء) . وقد استخدم الفاز الحيوى فى تسيير السيارات بنجاح فى الصين والفلبين وببلاد أخرى . ويفضل استخدام الفاز فى تشغيل الماكينات الثابتة مثل مضخات المياه ومولدات الكهرباء . واستخدام الفاز يحسن عملية الاحتراق حيث تنخفض كمية الدخان وتقل نسبة أول أكسيد الكربون فى غازات الاحتراق . ويمكن إنتاج ١ حصان باستخدام حوالي ٥٠ م٣ فاز حيوى .

٦-٢-٦ تعديل ماكينات الديزل :

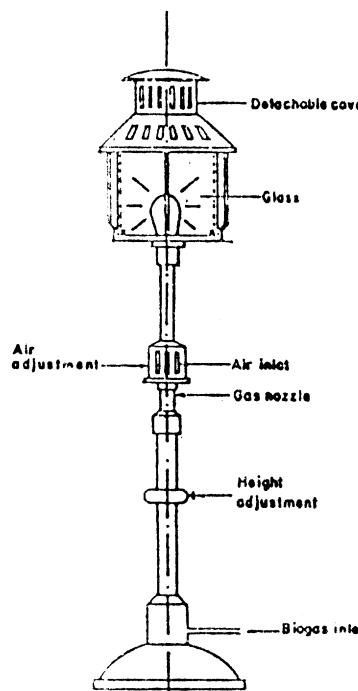
ماكينات дизيل تعمل بكفاءة بمخلوط дизيل وغاز . وهناك ضرورة لاستخدام ٥٪ من وقود дизيل كبادي، اشتعال وعلى ذلك فان الماكينة يمكن أن تعمل باستظام باستدام ٩٠٪ غاز حيوى . وتنتج حاليا فى الهند ماكينات ديزيل تعمل بالديزل أو مخلوط дизيل وغاز الحيوى . ويتم تعديل ماكينات дизيل بعمل وصلة للتغذية بالغاز بين مرشح الهواء والاسطوانات كما هو موضح في شكل (١٩) .



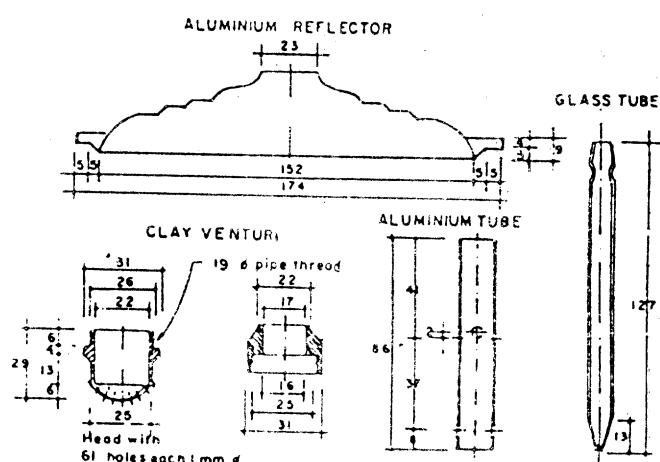
شكل (١٦) مصباح غاز حيوي من الفخار (الصين)



i) Section elevation of the lamp assembly

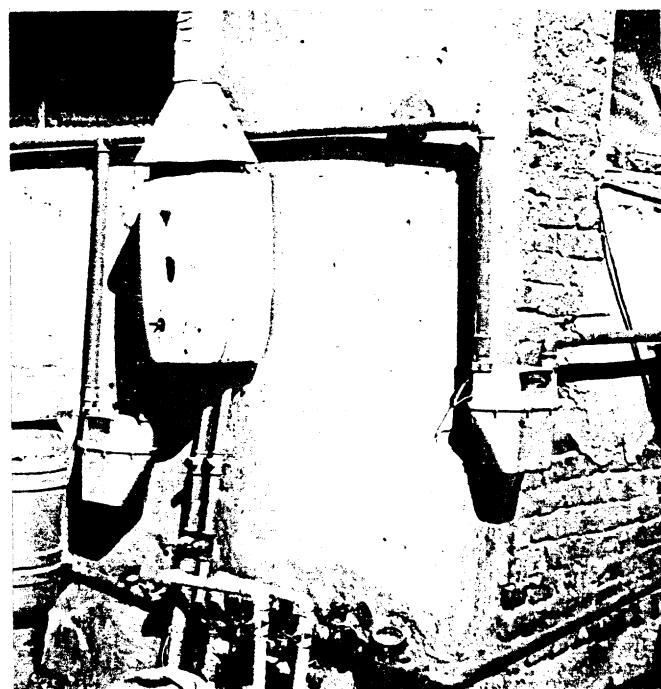


شكل (١٧) مصباح منضدة (باكستان)



ii) Details of lamp parts

شكل (١٥) مصباح غاز حيوي بسيط (الصيّن)



شكل (١٨) سخان مياه معدل لاستخدام الغاز الحيوي (مصر)

وتستخدم تصميمات مختلفة لدخول وخلط الغاز كما هو موضح في شكل (٢٠) . عادة يتم تشغيل الماكينه بالديزل أولاً حتى تسخن ثم يفتح محبس الغاز تدريجياً وبالتباعيه يعمل المنظم على تقليل كمية الديزل المغذي . وعلى ذلك فان ماكينات الديزل يمكن أن تعمل بأى نسبة من الغاز في حدود ١٠-٩٠٪ غاز من الوقود الكلى . وهو مايعتبر ميزة حيث يمكن اختيار النسبة الملائمه لكمية الغاز المنتجه . وعند ايقاف الماكينه يفضل اغلاق الغاز أولاً ثم تركها لتعمل على الديزل لفتره قصيره لازاله أي آثار من اكسيد الكبريت تكون قد تكونت من احتواه الغاز الحيوي على مركبات الكبريت .

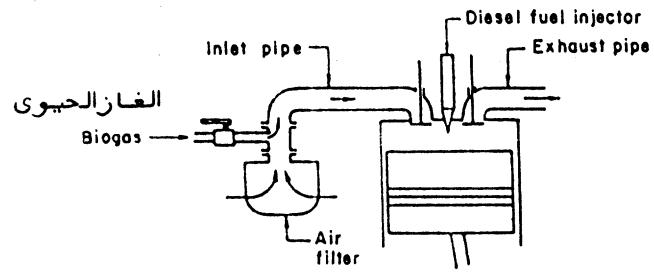
٧-٢-٦ تعديل ماكينات البنزين :

ماكينات البنزين يمكن أن تعدل لتعمل باستخدام ١٠٠٪ غازى حيوي . وان كان يفضل بدء تشغيلها باستخدام البنزين للسهوله . ويتم تعديل الماكينه بتركيب وصلة للامداد بالغاز وحلقه وذلك بين مرشح الهواء والكاربراتير . والوحدة الشبيه بتلك المستخدمة في ماكينات الديزل (٢٠) . عادة يتم خرطها من الالومنيوم وتتكلفتها زهيدة . ويتم تشغيل الماكينه على البنزين حتى تسخن ثم يغلق صمام البنزين ويفتح صمام الغاز تدريجياً ويفضل بعد حوالي $\frac{1}{3}$ دقيقة حتى يكون معظم البنزين قد استهلك وتضبط فتحة الغاز المطلوبه . ويفضل أن يتم التحويل من البنزين إلى الغاز والماكينه محمله نصف تحميل حتى لاتسبب كمية الغاز الزائد في البدائيه في اعاقة التشغيل . ويفضل تشغيل الماكينه على البنزين ايضاً لفتره قبل ايقافها كما سبق ذكره . ويفضل أن تزال مركبات الكبريت من الغاز حتى لا تسبب في تآكل الماكينه . وعادة لاتقل كفاءة الماكينه عند تشغيلها على الغاز ولكن القدرة تنخفض إلى ٩٠٪ وأحياناً أقل نظراً لاحتواه الغاز الحيوي على نسبة مرتفعة من شاني اكسيد الكبرون .

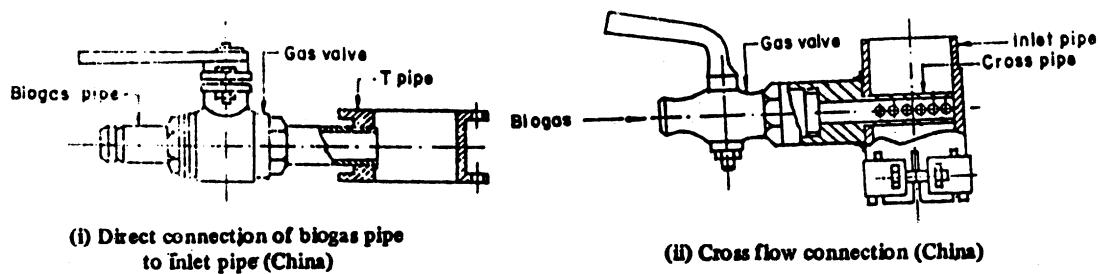
٨-٢-٦ انتاج الطاقة الكهربائيه :

يمكن انتاج الطاقة الكهربائيه من الغاز الحيوي باستخدام أي من المولدات المداره بـماكينات الديزل أو البنزين . ويحتاج كل كيلووات . ساعه إلى حوالي ٦٠-٧٠ م^٣ غاز . شكل (٢١) يوضح مولد هوندا بنزين قدرة ٤ كيلووات ، عدل في مصر ليعمل باستخدام الغاز الحيوي . وتتجدر الاشارة إلى أنه تحويل الغاز إلى كهرباء لاستخدامه في الاضاءه يرفع الكفاءه الى عدة اضعاف .

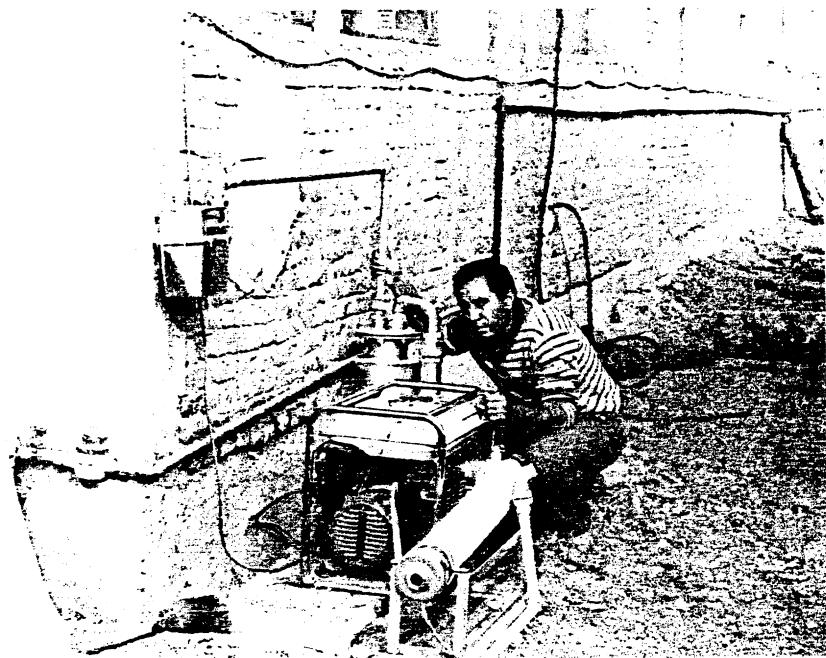
ويتمثل انتاج الطاقة الكهربائيه والميكانيكيه أهمية خاصة بالنسبة لوحدات انتاج الغاز الحيوي حيث يمكن أن تستخدمن الطاقة المفقوده في تبريد الاسطوانات وطاقة عوادم الغازات في ضبط درجة حرارة المخمر ومن ثم رفع كفاءته بأقل التكاليف كما هو موضح في شكل (٢١) فان المولد مزود بوحدة لاسترجاع طاقة عادم الغازات واستخدامها في تسخين وحدة التخمير .



شكل (١٩) تعديل ماكينة дизيل لتعمل بالغاز الحيوي (الصين)



شكل (٢٠) وملات تعديل ماكيّنات дизيل والبنزين لاستخدام الغاز الحيوي (الصين)



شكل (٢١) مولد هوندا بنزين ٤ ك . ومعدل ليعمل بالغاز الحيوي (مصر)

٧- تنقية ونقل وتخزين الغاز

١- تنقية الغاز

يحتوى الغاز الحيوى على حوالى ٤٠ % ثانى اكسيد كربون وآثار من كبرتيد الايدروجين ووجود كبرتيد الايدروجين يمثل أهمية خاصة فى حالة استخدام الغاز الحيوى كطاقة منزليه نظرا لأنه يعطى رائحة مميزة للغاز تساعد على اكتشاف التسرب كما أن وجود ثانى اكسيد الكربون يعتبر تخفيفا فقط للغاز ولكنه لا يؤثر بدرجة محسوسة على احتراق الغاز . وعلى ذلك فان تنقية الغاز من ثانى اكسيد الكربون وكبرتيد الايدروجين لايمثل أهمية فى حالة استخدام الغاز المنتج من الوحدات العائليه فى أعمق الطبقى والا سخادات المنزليه الأخرى .
ولكن تنقية الغاز الحيوى تعتبر مهمة فى بعض الحالات التى ينتج فيها الغاز بكميات كبيرة للأسباب التالية :

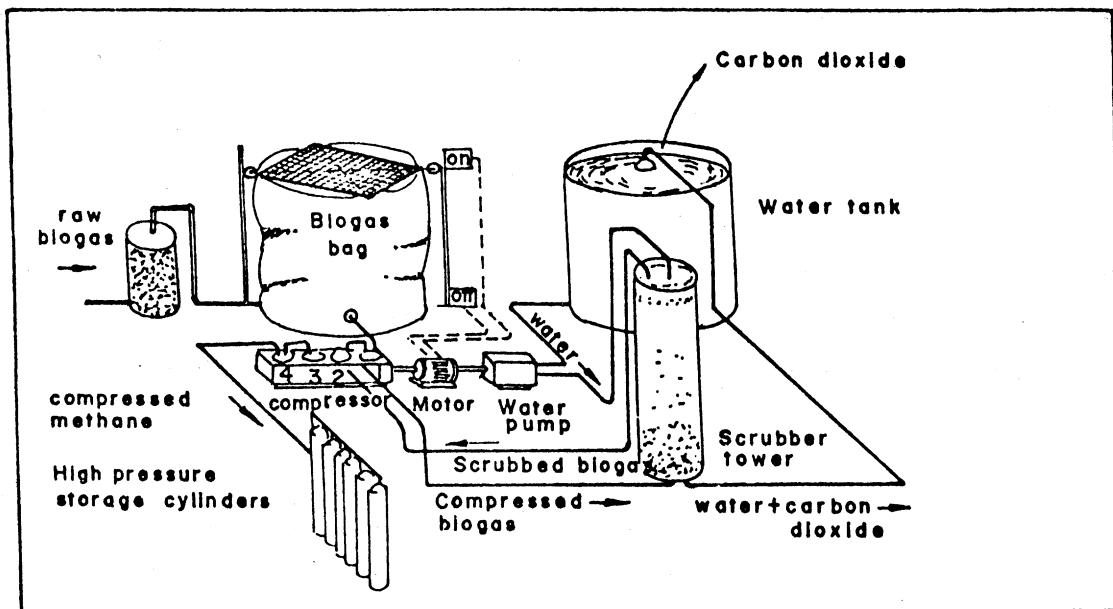
٠ في حالة استخدام الغاز فى تشغيل ألات الاحتراق الداخلى وانتاج الطاقة الكهربائيه فان كبرتيد الايدروجين يتحول الى ثانى اكسيد الكبريت والذى يتحول الى حامض الكبرتسيك فى وجود الرطوبه ويؤثر بذلك على المعدات الميكانيكيه وعلى ذلك فانه يلزم فى هذه الحالة ازالة كبرتيد الايدروجين من الغاز لاطاقة عمر المعدات ، المرتفعة الشمن المستخدمه .

٠ أما غاز ثانى اكسيد الكربون فان ضرره أقل بالنسبة لعملية الاحتراق وأن كان يخفف الغاز وبذلك يخفض درجة الاشتعال قليلا . كما أنه يخفض من قدرة آلات الاحتراق الداخلى وعلى ذلك فيتمثل خسارة اقتصادية فى حالة استخدام آلات كبيرة . كما أنه فى وجود الرطوبه يتحول ثانى اكسيد الكربون الى حامض ضعيف يؤثر على خطوط نقل الغاز المعدنيه ويقلل من عمرها . أما فى حالة ضغط الغاز فان وجود ثانى اكسيد الكربون يمثل عقبه حيث أنه فى حالة تخزين الغاز تحت ضغوط متوسطة قاده يسبب ضياعا كبيرا فى الطاقة المستخدمه فى الفتح وقدا فى الطاقة التخزينيه مما قد يجعل الفصل اكثر اقتصادا فى حالة ملاءمه حجم الانتاج . أما فى حالة الكبس تحت ضغط مرتفع فان غاز ثانى اكسيد الكربون يتحول الى مادة صلبه (الثلج الجاف) تعوق عملية الكبس وعلى ذلك فيجب ازالته .

٢- طرق التنقية

٠ يمكن ازاله ثانى اكسيد الكربون وتخفيض نسبة كبرتيد الايدروجين بالاذابه فى الماء . وترداد الكفاءه بارتفاع الضغط . كما يمكن إعادة فصل الغازات بتحفيض الضغط ومن ثم اعادة استخدام الماء . وتتم هذه

العملية في ابراج خاصة لذلك . حيث يتم انتقال ثاني اكسيد الكربون من الغاز إلى السائل بعملية امتصاص طبيعية . وتعتبر هذه الطريقة من أنساب الطرق بالنسبة لفصل ثاني اكسيد الكربون . ولكن تأثيرها محدوداً على كبريتيد الايدروجين . شكل (٢٢) يوضح وحدة لتنقية وكبس وتعبئة الغاز في اسطوانات .



شكل (٢٢) وحدة لتنقية وتعبئة الغاز

- استخدام المذيبات مثل الأمينات
Monoethanol amine, Triethanol amine,
Diethanol amine
ول بهذه المذيبات قدره على امتصاص غاز ثاني اكسيد الكربون وكبريتيد الايدروجين . ويمكن استرجاع المذيبات واعادة استخدامها .
- استخدام القلوبيات مثل ايذروكسيد الكالسيوم وفي هذه الحالة يتم تفاعل كيميائي بين الشوائب والقلوي .
- استخدام برادة الحديد لازالة الكبريتيد الايدروجين . ويلزم لذلك استخدام برادة الحديد المتأكسد . وفي حالة وجود رطوبة يتفاعل ايذروكسيد الحديد مع كبريتيد الايدروجين مكونا سلفيد الحديد - ويمكن استرجاع البرادة بامرار هواء فيتاكسد الحديد وينفصل الكبريت . ولكن كفاءة هذه الطريقة محدودة وان كانت تلائم الانتاج الصغير نظراً لصغر تكلفتها حيث يتم ملء خزان بالبرادة وامرار الغاز من خالله .

يتم نقل الغاز باستخدام مواسير من الحديد المجلفن أو البولى فيتيل كلوريد (P.V.C) ويتم ذلك تحت ضغط الغاز فى المخمر أو باستخدام ضغط خارجي . ونقل الغاز تحت ضغوط مرتفعة يستخدم أساسا فى وحدات انتاج الغاز الكبيرة ذات الطابع الصناعي . أما فى الأجهزة الريفية سواء العائلية أو المشتركة فان الغاز عادة يتم توزيعه باستخدام شبكة غاز تحت ضغط الغاز فى المخمر والذى يتراوح بين ١٠ سم عمود ماء للمخمرات المنزليه ذات الخزان الطافى ويرتفع الضغط حتى ١٠٠ سم بالنسبة للمخمرات الصينيه (المضغوطه بالماء) .

ونظرا لأن الغاز يكون مشبعا بالماء فانه عند مروره فى الخطوط قد يتكون ماء ويتجمع ، مما قد يسبب انخفاضا ملحوظا فى ضغط الغاز كما أنه يمنع سريان الغاز ولذلك فان خطوط الغاز تزود بمصافي للمياه ويحافظ على ميل خط الغاز فى اتجاه المصافي حتى تتجمع المياه وتخرج من المصافي . ويعتبر ميل ١ : ١٠٠ مناسبا لفصل المياه المتكتفة .

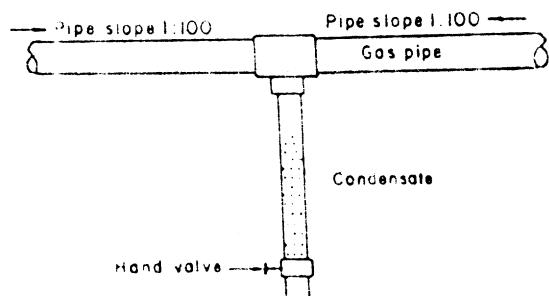
٤-٢-٧ مصافي المياه المتكتفة

شكل (٢٣) يوضح مصفاه على شكل حرف L ناحية موصله بالخط أما الأخرى فهو مفتوحه وتنتمي بسهولة لتصنيعها حيث يتم تصنيعها من مواسير حديد مجلفن قطر نصف بوصه ويحافظ على طول الزراع المفتوح اكبر من عمود ضغط الغاز حتى يمنع خروج الغاز . المياه المتكتفة تخرج تلقائيا . ولكن فى بعض الأحيان يكون البحر منها أعلى من التكتيف فتتجف وتسمح بخروج الغاز . وعلى ذلك فيجب الكشف عليها وملئها بالمياه مرة كل عدة شهور حتى لا يتسبب فى تسرب الغاز ،

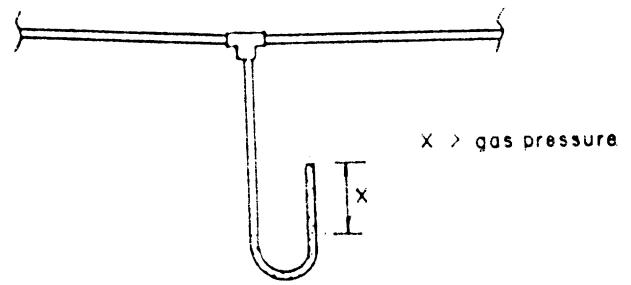
شكل (٢٤) يوضح مصفاه على شكل حرف T منتهيه بمحبس وهى ايضا رخيصة التكاليف . وتتجمع المياه فيها ثم يسمح بخروجها كل فتره باستخدام المحبس حتى لا تسد المياه خط الغاز . وعلى ذلك فهو تحتاج لمتابعة مستمرة .

شكل (٢٥) يوضح مصفاه على شكل سيفون . وهى تسمح بخروج المياه باستمرا ر كما أن البحر منها محدودا ومن ثم فانها لا تحتاج الى متابعة تقريبا الا أن تكلفتها مرتفعة . ويفضل أن يكون طول ماسورة خروج المياه اكثرا من ضعف عمود ضغط الغاز .

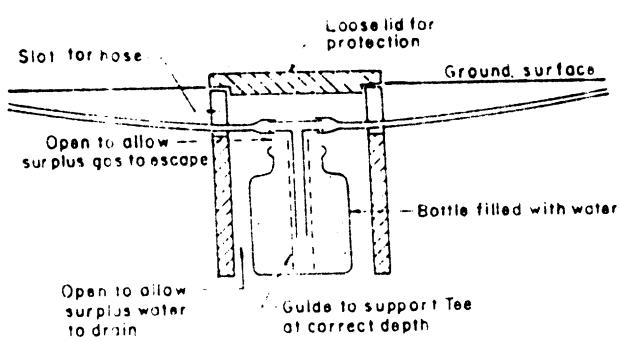
شكل (٢٦) يوضح مصفاه عبارة عن ماسوره T مغموره فى زجاجه ماء . طول الجزء المغمور من الماسورة اكبر من عمود ضغط الغاز . والمصفاه يمكن تجميعها بسهولة وتحتاج الى متابعة محدودة حيث أن المياه المتكتفة تخرج تلقائيا .



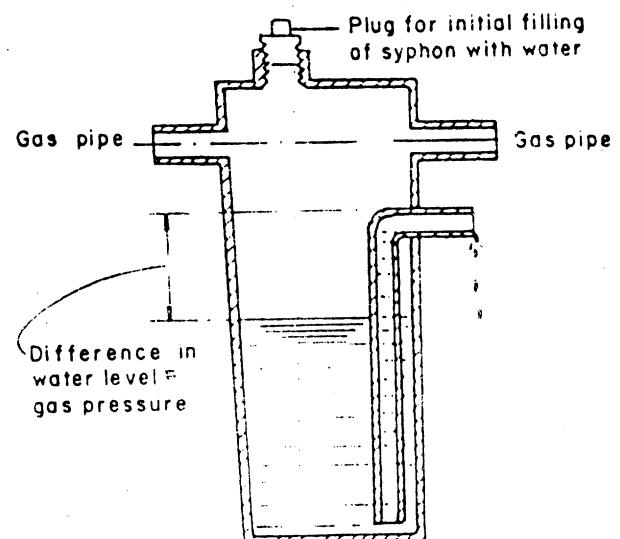
شكل (٢٤) مصفاه للمياه المتكتشه فى خط الغاز على شكل T



شكل (٢٣) مصفاه للمياه المتكتشه فى خط الغاز على شكل U



شكل (٢٦) مصفاه على شكل زجاجة



شكل (٢٥) مصفاه على شكل سيفون

٢-٢-٧ - مواضع اللهب (Flame arrester)

عادة تزود خطوط الغاز بمواضع لهب لحماية خزان الغاز من الانفجار في حالة حدوث سريان عكس للهب (back fire) . شكل (٢٧) يوضح بعض أنواع مواضع اللهب المستخدمة . وهي عبارة عن شبكة دقيقة الثقوب من النحاس أو أي معدن آخر لا يصدأ . ويراعى أن تكون مقاومتها للسريان محدودة ولذلك يفضل تكبير القطر في منطقة وضع مواضع اللهب لتقليل الفقد في الضغط .

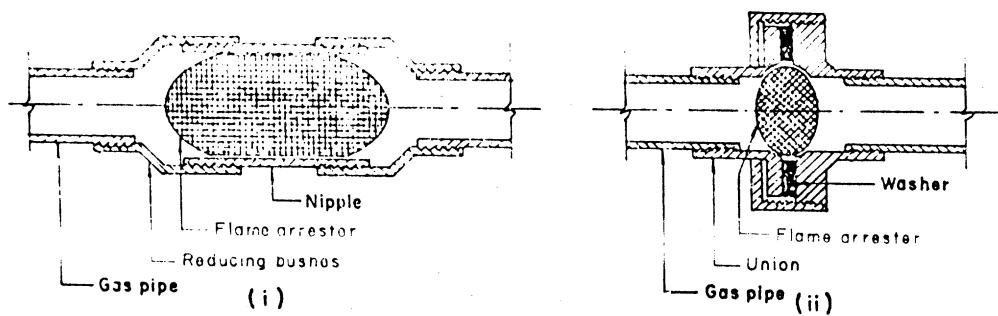
٣-٢-٧ - صمامات الآمان

المخمرات ذات الخزان الطافي يكون ضغطها ثابت وعند زيادة كمية الغاز بعد ملء الخزان فإنها ترفع الخزان وتتسرب من حوله أو من الماسورة الوسطى حسب التصميم . أما في المخمرات الصينية ذات الضغط المتغير فان ارتفاع الضغط إلى أكثر من ١٠٠ سم عمود ماء يمثل خطورة على المخمر ولذلك يجب المحافظة على ان لا يزيد الضغط عن هذه الحدود . ويستخدم لذلك صمام آمان كما هو موضح في شكل (٢٨) وهو يستخدم أيضاً كما نومتر لقياس الضغط . تملأ الأنبوبي بالماء وعند ارتفاع الضغط إلى أكثر من ١٠٠ سم (طول الأنبوبي) فان السائل يندفع إلى الزجاجة العلوية ويفتح الطريق أمام الغاز للخروج من الماسورة العلوية وعند انخفاض الضغط ينساب الماء في المانومتر ويمنع خروج الغاز وهكذا .

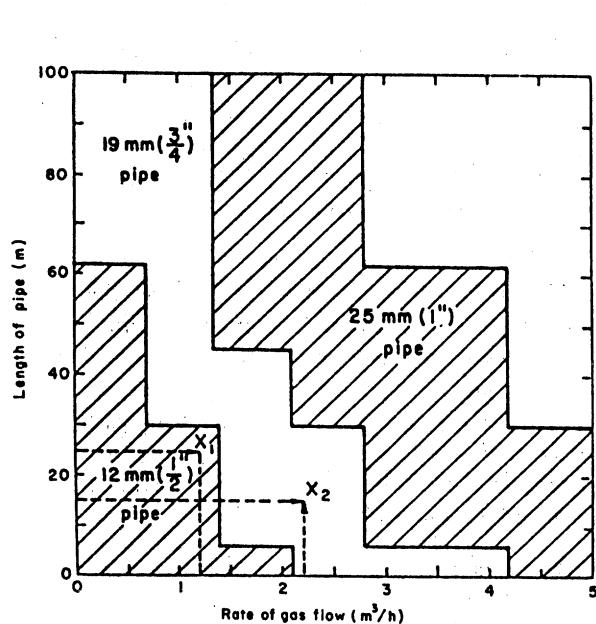
وفي المخمرات البلاستيكية فان الضغط ايضاً قد يرتفع و يؤثر على جدار المخمر . وعادة لا يزيد الضغط في هذه الوحدات عن ١٠ سم عمود ماء . ولذلك يفضل استخدام صمام آمان شبيه بمصفاة المياه شكل (٢٦) . على أن يكون طول الجزء المغمور من الماسورة في الماء يعادل الضغط . وفي حالة زيادة الضغط عن هذا الحد فان الغاز يزيح الماء من الماسورة ويندفع إلى الخارج . وعند انخفاضه يندفع الماء إلى داخل الماسورة ويغلق مسار الغاز .

٤-٢-٧ - منظمات الضغط

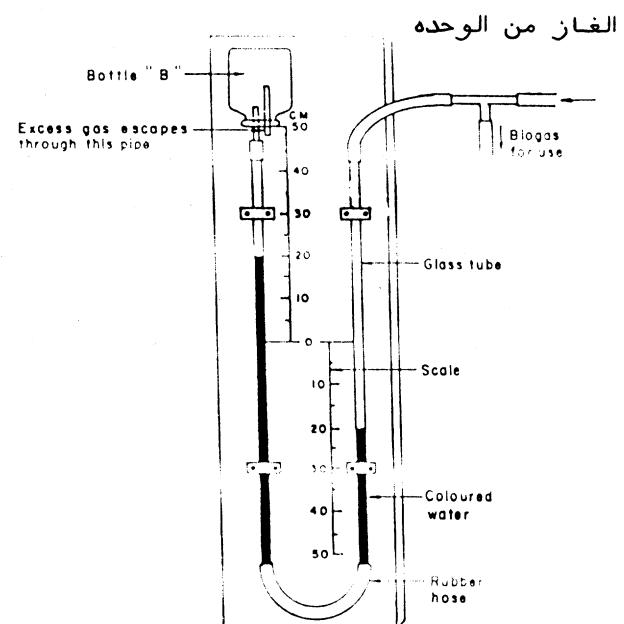
المخمرات ذات الخزان الطافي لا تحتاج لمنظمات ضغط لأن ضغطها ثابت تقريباً . أما المخمرات الصينية فان ضغطها متغير في حدود ٢٠ - ١٠٠ سم عمود ماء . وتغير الضغط يؤشر بشده على كفاءة معدات استخدام الغاز . ولذلك يفضل استخدام منظم للضغط على أن يوضع قبل معدات استخدام الغاز مباشرة وتنتج الصين منظمات خاصة للغاز الحيوي . كما استخدامت في مصر منظمات الضغط المستخدمة في شبكة الغاز الطبيعي للمنازل . وهي مناسبة وتتكلفتها معقوله كما يمكن استخدام المنظمات المستخدمة للبوتاجاز بعد تعديليها .



شكل (٢٧) موانع (مصالحة) للهب



شكل (٢٩) دليل تقريري لتقدير قطر ماسورة الغاز الملائمه (٢)



شكل (٢٧) صمام آمان ومانومتر لقياس الضغط

٢-٥- تحديد قطر خط الغاز

يتحدد قطر خط الغاز تبعاً لكميّة السريان (معدلات السريان وقت الذروة)، طول الخط، ضغط الغاز، نوع المواسير المستخدمه، وكمية الفقد في الضغط المسموح به.

شكل (٢٩) يمثل دليل تقريري لتقدير قطر ماسورة الغاز الملائمه (٢) وذلك بالنسبة لمعدلات استهلاك غاز في حدود 5^3 / ساعه وطول خط غاز في حدود ١٠٠ م.

جدول (٣) يوضح الأقطار المقترحة بالنسبة لمعدلات الاستهلاك والمسافرات المختلفة (١) بالنسبة للمخمرات الهندية ذات الخزان الطافى وهي تساعد على اختيار قطر ماسورة الامداد بالغاز.

٣- تخزين الغاز

الغاز المنتج في الوحدات الريفية يستهلك يومياً . ويوجد خزان يسمى بـ تخزين كمية الغاز المنتجه في وقت انقطاع الاستهلاك اليومي وهي عادة حوالي ١٠ ساعات . والمخمر الصيني يخزن هذه الكميّة في القبو العلوي . أما الطرازات الهندية فانها تخزن الغاز في الخزانات الطافيه . وقد يكون الخزان أعلى المخمر كما في شكل (٣٠) أو منفصلأ كما في المخمرات الكبيره شكل (٣١) . كما تستخدم بالونات من البلاستيك أو الكاوتشوك لتخزين ونقل الغاز تحت ضغوط منخفضه (حوالي ٥ سم عمود ماء) كما هو موضح في شكل (٣٢) . وتتميز هذه الطريقة بسهولتها وانخفاض تكلفتها .

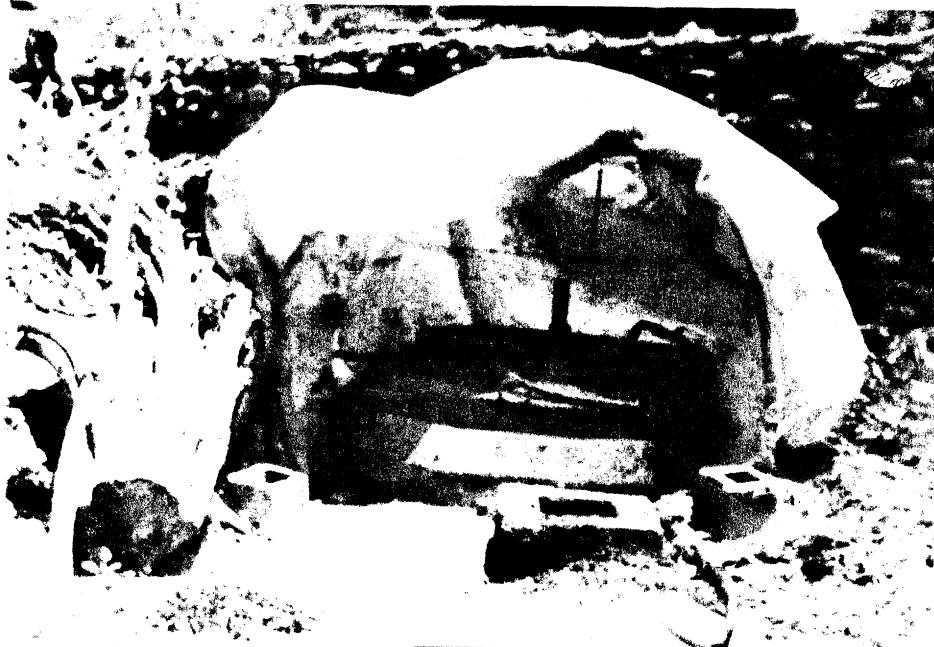
كما يخزن الغاز تحت ضغوط متوسطة (٢٠-٤٠ جو) في خزانات معدنيه وذلك في الوحدات الكبيره . ويمكن أن يعبأ في اسطوانات تحت ضغوط متوسطة أيضاً الا أن اقتصاديتها غير مشجعه . كما يتم احياناً تعبئة الغاز المنقول من ثانى اكسيد الكربون في اسطوانات سميكه كالتي تستخدم لتعبئه الاكسجين تحت ضغط حوالي ٢٠٠ جو (شكل ٢٢) ولازال هذا الاستخدام محدوداً نظراً لارتفاع التكلفة وصعوبة التداول .

جدول (٣) اقطار المواسير الملائمه لمعدلات السريان والأطوال المختلفه
 (اقطار بالبوصه والمسافات بالمتر)

| | ٤٠٠ | ٣٠٠ | ٢٠٠ | ١٥٠ | ١٠٠ | ٥٠ | ٢٠ | المسافه م |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| | | | | | | | | معدل السريان مسافه سريان |
| ١" | ٣٥٠ " ١ | ٣٢٠ " ١ | ٣١٥٠ " ١ | ٣١٠ " ٣/٤ | ٣٠ " ٣/٤ | ٣٥ " ٣/٤ | ٣٥ " ١/٢ | ٤٤٥ |
| ٣٠٠ " ١" | " المسافة ٢٠٠ " ١/٢ | ٦٨٦ |
| ٣٥٠ " ١" | " المسافة ٢٠٠ " ١/٢ | ٩٦٠ |
| ٤٠٠ " ١" | " المسافة ٢٠٠ " ١/٢ | ١٣٦١ |
| ١٠٠ " ١" | ٣٠٠ " ١/٢ | ٢٠٠ " ١/٢ | ١٥٠ " ١/٢ | ١٠٠ " ١/٢ | ٧٥ " ١/٢ | ٢٥ " ١/٢ | " ٣/٤ | ٨٦٠ |
| ١٥٠ " ٢" | " ١/٤ | " ١/٤ | " ١/٤ | " ١/٤ | " ١ | " ١ | " ٣/٤ | ٦٠١ |
| ٢٥٠ " ١/٤ | " ١/٤ | " ١/٤ | " ١/٤ | " ١/٤ | " ١ | " ١ | " ٣/٤ | ٣٥٠ |

Source: Designing Biogas Distribution System by Anil K. Dhussa

Bioenergy Renew, 2, 112 : 1983; p. 71



شكل (٣٠) وحدة
انتاج غاز حيوي
بخزان غاز طافى
طراز هندي معدل
(مصر)



شكل (٣١) خزان
غاز منفصل (مصر)



شكل (٣٢) تخزين الغاز
في بالونات من المطاط
(الصين)

٨- طريقة التشغيل

١-٨ بداية التشغيل

بعد اختبار النشأت ضد التسرب ، تقلل كمية المياه في المخمرات وتضاف أكبر كمية ممكنته من الروث لرفع تركيز المادة العليلة إلى حوالي نصف التركيز المطلوب (٥٪) . ويفضل أن يمثل حجم الخليط أقل من ٧٠٪ من الحجم المتاح للتخمير . وذلك لاتاحة الفرصة للتغذية اليومية بمخلفات الخظيره والمرحاض دون خروج سائل من فتحة الخروج لفترة تعادل حوالي أسبوعين وذلك لتقليل التلوث . استخدام تركيز منخفض في البدايه يساعد على سرعة توزان البكتيريا وعدم انخفاض الأس الأيدروجيني . يتم تغذية المخمر يومياً بالكمية المتاحة من المخلفات . ويفضل اضافة جزء من محلول مخمر من المخمرات العاملة كباديء تخمير للاسراع بعملية التخمير . ويسمح بتسرب الغاز المتكون في الهواء لمدة أسبوعين حتى تتحسن مواصفات الغاز . ثم تبدأ عملية التشغيل المنتظم .

٢-٨ التشغيل المنتظم

يتم دفع كميات الروث المتجممه في أرضية الحظيره المغطاه بالخرسانه لخلط مع البول المتجمع في حجرات الخلط . ويضبط تركيز الخليط في حدود ١٠٪ وذلك باضافة قليل من الماء أو جزء من رش محلول المخمر أو بدون ترشيح حسب الظروف . وخلط المحتويات باستخدام القلاب اليدوى أو النظام الموجود في الوحده . ويسمح بمرور التغذيه الى داخل المخمر وقت ظهيره لرفع درجة حرارته ما أمكن . وتنعاظم الفائد في حالة استخدام صوبات لتسخين حجرة التغذية والمخمر للاستفاده من الطاقة الشمسيه .
الغاز المنتج يمر من فتحة الغاز سواء في المخمر (الصيني) أو خزان الغاز (الطراز الهندي) الى مناطق الاستهلاك . يراعى أن تكون معايد الماء جميعها مملوءة بالماء .

في الوحدات الكبيرة المسخنه يفضل أن يتم التسخين ليلاً أثناء عدم استهلاك الغاز وذلك لتقليل الحمل على الخزان ومن ثم زيادة امكانيات تخزين الغاز مع صفر الخزان .

٣-٨ الأعطال وطرق اصلاحها

١-٣-٨ مرحلة بدء التشغيل

| الاصلاح | السبب | العطل |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|
| • عدم وجود بكتيريا كافية بعض الوقت | • اضافة بادئه أو الانتظار | - المخمر لاينتج غاز |
| • انخفاض درجة الحرارة تتكاثر البكتيريا | • التسخين أو الانتظار حتى | |
| • الفتحات غير مغمورة في الماء • اضافة مطحول تغذية أو ماء | • مضافة المياه فارغه | |
| • تسرب على التسرب واصلاحه او الخطوط | • الكشف على المخمر، الخزان | |
| • ارتفاع نسبة ثاني اكسيد الكربون | • ارتفاع نسبة ثاني اكسيد الهوا في الموق | - الغاز لا يشتعل |
| • تقليل فتحة الهواء الأولى في الموق | • ارتفاع نسبة الهواء في | |
| • تهوية الغاز حتى تظهر رائحته | • وجود هواء في خط الغاز | |

٢-٣-٨ التشغيل المنتظم

| | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| • ملء المصفاه بالمياه | • الخزان أو الضغط ينخفض . مصفاه المياه فارغه |
| • البحث عن المحبس واغلاقه | بسريعة عند فتح المحبس . أحد الحابس مفتوحه |
| • يحدد مكان التسرب ويتم اصلاحه | الرئيسي . تسرب من خط الغاز |
| • البحث عن التسرب واصلاحه | • الخزان أو الضغط لا يرتفع |
| • ضبط معدلات التغذية | • معدلات تغذية مرتفعه |
| • عدم استخدام مواد سامة للبكتيريا | • وضع مواد سامة للتخلص |
| • ضبط كمية التغذية | • نقص كمية التغذية |
| • ضبط التغذية عند ١٠٪ ماده صلبه | • تخفييف المخلوط اكثر من اللازم |
| • محاولة رفع حرارة المخمر ومخلوط التغذية | • انخفاض درجة الحرارة |
| • تصفيه الهواء من الخط | • وجود هواء في الخط |
| | - الغاز لا يشتعل |

| <u>العطل</u> | <u>السبب</u> | <u>الأصلاح</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------|
| • ارتفاع نسبة ثاني اكسيد الكربون نظراً للعدم ضبط كمية وتركيب وتركيز مخلوط طبقاً للنظام المحدد. | • يسمح بمرور الغاز لفترة في الهواء مع ضبط التغذية التغذية | |
| • ارتفاع نسبة المواد السامة ما أمكن | • تقليل كميات المواد الضارة في التغذية | |

٣-٣-٨ المواء

- اللهب طويل وضعيف
 - زيارة كمية الهواء الأولى و أحمر
- اللهب يتفصل عن الكوشة ويختفي
 - فتحات الاستعمال غير ملائمه
 - تنظيف أو زيادة قطر الفتحات
 - ضبط الضغط عند الحد المقصم عليه
 - ارتفاع الضغط
 - انخفاض الضغط
- صفر الشعله
 - تحريك خزان الغاز لتسهيل حركته
 - تسرب غاز من الخط ويجب اصلاحه
 - ازالة المياه من الخط
 - تنظيف فتحة الغاز من الرواسب
 - ازالة المياه المتجمعة
 - انسداد فحة الغاز
 - وجودمياه متكتفة في الخطوط

٩- استخدام المواد العضويه المخمره

يتميز محلول المخمر بعد انتاج الغاز الحيوي بأن رائحته مقبولة كما أن الذباب لا يقبل عليه . وعادة يتم هضم حوالي ٣٠ % فقط من المادة العضوية أما البقيه فانها تخرج على صورة محلول معلق تركيزه يتراوح بين ٧ - ١٠ % وأثناء عملية التخمير يحدث فقد أساسا في الكربون أما بقية العناصر مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وأيضا العناصر الصغرى مثل الزنك والحديد والنحاس والماغنيسيوم فأنها تبقى جميعها بنفس الكميات وان كانت تتراكم نتائجه للفقد في المادة العضوية . وتختلف محتويات محلول التخمير من العناصر تبعاً للمواد المستخدمة في التغذيه . ويوجد عدة استعمالات لمحلول التخمير وهي السماد وتغذية الحيوان وانتاج الطحالب .

١٩- استخدام محلول كسماد عضوي

يستخدم محلول كسماد عضوي حيد حيث اتضحت ارتفاع معدلات الاستفادة من العناصر السمادية نتيجة للمعالجة البكتيريه اللاهوائيه (٥) . ويستخدم السماد في صورة سائله في الصين ، وهي الطريقة المثلثى نظراً لأن الفقد في العناصر يكون محدوداً . كما يمكن تجفيف محلول بجوار وحدة التخمير واستخدامه في صورة جافه . ولتقليل الفقد في النيتروجين يفضل اضافة الحشائش او القش او بعض الارtreه لتساعد على الاحتفاظ بالنيتروجين . وعادة تقسم منطقة التجفيف الى جزئين : جزء لاستقبال محلول بينما يترك الآخر ليجف ثم ينقل الى الحقل وهكذا . كما يتم احياناً اغناء السماد العضوي بالعناصر السمادية وذلك باضافة الازوت والفوسفور وذلك للحصول على سماد متكامل وتستخدم هذه الطريقة في بعض البلاد ومنها الهند .

٢٩- استخدام المادة العضويه المخمره كعلف حيواني

تستخدم المادة العضوية بعد ترشيحها من محلول كمواد اضافية للاعلاف في بلدان كثيرة منها الفلبين وذلك لاحتواها على نسبة معتدله من البروتين وفيتامين ب ١٢ والتي يتم تكوينها اثناء انتاج الغاز الحيوي . ويتم فصل المادة العضوية من محلول بعمليات الترشيح البسيطة وذلك بوضع الأعشاب أو القش في مجرى الخروج وبذلك يتم فصل محلول الذي يمكن اعادته استخدامه بدلاً من الماء أو استخدامه في تغذية الأسماك . كما يتم تجفيف المادة العضوية أحياناً لسهولة تداولها وزيادة تعقيمتها . وتتجدر الاشارة الى أنه يفضل استخدام

نظم التخمير الشرموفيلى (55°م) فى حالة الرغبه فى استخدام نواتج التخمير كأعلاف حيث يتم فيها القضاء على معظم الكائنات الممرضه مما يجعل استخدامه كعلف اكثراً ملائماً .

٣-٩ استخدام المحلول فى انتاج الطحالب

فى حالة استخدام المادة المعلقه فى تغذية الحيوان أو خلافه فان محلول الترشيح يمكن استخدامه فى انتاج الطحالب نظراً لاحتوائه على كثير من العناصر الغذائية الذائبة و لمعادن . وبذلك يمكن انتاج اعلاف غنيه بالبروتين (٣٠ - ٤٠ % بروتين) تستخدمن فى خلطات اعلاف الماشيه . وتربي الطحالب عادة فى أحواض مائيه ضحله . وتتميز عامة بالانتاج الكثيف ولذلك فهو يمكن أن تكون وسيلة جيدة لتوفير الأعلاف .

للتعرف على احتمالات تطبيق تكنولوجيا الغاز الحيوي في الوطن العربي فاننا نعرض بایجاز حالتان تمثلان وضاً متوسطاً بالنسبة للوطن العربي وهما جمهورية مصر العربية وجمهورية اليمن الديموقراطية الشعبية عليهما يوضحان مدى مساهمة الغاز الحيوي في سلة الطاقة بالوطن العربي .

١-١ جمهورية مصر العربية :

تعتمد امكانيات استخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي على التحديات التي تعيق الانطلاق وامكانيات تذليل تلك العقبات . ولذلك فاننا نعرض هنا دور البحث والتطوير في تحفيز بعض المحددات . ثم نعرض الاحتمالات المستقبلية للغاز الحيوي في مصر كمؤشر لأهمية تنمية الطاقات المتتجدة في الوطن العربي .

١-١-١ دور البحث والتطوير في توطين وتطوير التكنولوجيا :

اتجهت جهود المركز القومي للبحوث في البداية إلى التعرف على التطور في تكنولوجيا الغاز الحيوي في بلدان العالم وبالأخص في الهند والصين . وقد تم تصميم وانشاء وختبار وتشغيل مجموعة من الوحدات . وقد درست خواص الأداء لهذه الوحدات من ناحية معدلات انتاج الغاز ، تركيب الغاز ومدى تأثيرهم بضغط الغاز ودرجة حرارة التخمير كما درس تأثير حرارة الجو . ثم تقدير معدلات التخضں من الملوثات والدينان الضارة . اجريت دراسة على تقييم المواد العضوية المخمرة كسماد كما درست طريقة تداوله وتخزينه واستخدامه . و كنتيجة لكل هذه الدراسات فقد أمكن تطوير تصميمات ملائمة لقرى مصرية (١٣-٦) .

وقد تم عرض التكنولوجيا في ثلاثة قرى : قرية المنسوات بمحافظة الجيزة ، وقرية عمر مكرم ب مديرية التحرير ، وقرية شبرا قاص بمحافظة الغربية . وقد تم تصميم وانشاء وحدات انتاج غاز حيوي بأحجام تتراوح بين ١-٣٥٠ م³ . كما تم تصميم وحدات كبيرة ومميكة بأحجام تصل الى ٣٢٠ م³ . هذا وقد تم انشاء وختبار اكثر من ١٢ تصميماً مختلفاً كمصدر للطاقة واعادة استخدام المخلفات وقد استخدم الغاز المنتج في أعمال الطهي والتسخين والتبريد وانتاج الطاقة الكهربائية . وقد طورت أجهزة استخدام الغاز المحلي أو المستوردة لتلائم استخدام الغاز الحيوي ، ومنها الموقد والأفران ، والدفایات والثلاجات ومولدات الكهرباء والساخنات .

١-١-٢ المحددات التكنولوجية لانتاج الغاز الحيوي في مصر :

انخفاض معدلات انتاج الغاز نظراً لانخفاض درجات حرارة الجو في معظم أجزاء الوطن عن الحرارة المثلث للتخلص . وقد قام المركز القومي للبحوث باستخدام طرق عديدة للتسخين تلائم الانواع المختلفة من المخلفات سواء العائلية أو الكبيرة ومن

هذه الطرق استخدام الصوبات الشمسية ، التسخين الشمسي بالسخانات الشمسية ، التسخين باسترجاع طاقة عوادم الغازات من آلات الاحتراق الداخلي ، والتسخين باستخدام جزء من الغاز الحيوي . وقد استخدمت هذه الطرق في تكامل وتنسيق مما حسن من اقتصاديات انتاج الغاز .

- ارتفاع منسوب المياه السطحية في معظم أراضي الدلتا مما يعيق إنشاء الطرزات الهندية والصينية ويرفع من التكاليف وتقلل إنتاجية الغاز . وقد أمكن تطوير تصميمات مناسبة لا تحتاج لعمق كبيرة .

نقص المخلفات الحيوانية لدى عدد كبير من المزارعين والتي تعتبر الماء الأساسية في تغذية الوحدات . ويجري تطوير وحدات تعمل أساساً باستخراج المخلفات الزراعية الجافة (وحدات التحمير الجاف) . كما تم تطوير تصميم يساعد على رفع كفاءة تحويل المادة العضوية مما يسمح بإنتاج كمية ملائمة من الغاز اعتماداً على كمية أقل من المخلفات العضوية وبذلك أصبحت الفرصة متاحة لأمداد قطاع أكبر من المزارعين بالغاز .

تكددس المباني في القرى الكبيرة مما يتعدى معه تسكين الوحدات لدى قطاع كبير من المستفيدين . وقد تم تطوير وحدات صغيره يمكن وضعها في الحظيره لمعالجة المخلفات وانتاج الغاز وبذلك أمكن تقليل أثر هذه العقبه . ولتدارك الوضع الحالى في القرى التقليديه المكدسه وغير محظوظه فقد عمل تخطيط يلائم القرى الجديدة في المجتمعات الصحراويه ويساعد على ادخال وحدات الغاز الحيوي في جميع المنازل مما يعظم الاستفاده من التكنولوجيا حيث يتضرر أن تصل مساحه هذه الأراضي إلى أكثر من ٥٠٪ من مساحة الأرض المنزرعه حالياً .

٣-١٠ امكانية تعميم تكنولوجيا الغاز الحيوي ومدى مساهمته في دعم الاقتصاد القومي :

مقدمة انتاج الفاز الحيوي في مصر تعتبر ملائمه حيث تتوفّر المادة العضويه
ممثلاً في روث الماشيه والمخلفات الادميه وزرق الدواجن والاحطاب والقش وبعضاً
المخلفات الصناعيه العضويه . كما أن درجة حرارة الجو في مصر ملائمه لعملية
التخمير مع استخدام التصميمات الملائمه والتي أمكن تطويرها وتقديمها وأثبتت
ملائمه لظروف القرى المصريه .

وبناءً على الانجازات التي تمت في مجال توطين وتطوير تكنولوجيا الغاز الحيوي فقد زادت احتمالات مساهمة الغاز الحيوي في دعم الطاقة (١٤-١٥) حيث يقدر عدد الوحدات الممكن إنشاؤها بأكثر من مليون وحدة عائليه بالإضافة الى حوالي ٣٥ الف وحدة جماعيه و ٢٠ الف وحدة كبيرة ومميكنه . هذه الوحدات في جملتها يمكن أن تنتج حوالي ١٤٠٠ مليون متر مكعب غاز سنوياً تعادل حوالي ٩٠ مليون

طن كيروسين سنوياً . وعلى افتراض أن ذلك ممكّن تحقيقه في سنة ٢٠٠٠ فان مدى مساهمة الغاز الحيوي في الطاقة الريفية قد يصل إلى حوالي ٢٣٪ من جملة الطاقة المستهلكة في الريف (١٥) .

٤-١-٤ التشريعات الازمة لانتشار تكنولوجيا الغاز الحيوي :

رغمما من أن تكنولوجيا الغاز الحيوي لها من المقومات ما يساعد على انتشارها في ريف مصر الا أن ذلك لم يتحقق خلال السنوات الماضية ويرجع ذلك أساساً إلى ما يلى:

• دعم المنتجات البترولية مما يؤثّر على اقتصاديات انتاج الغاز الحيوي حيث تصبح غير مجديه من وجه نظر المنتفعين نظراً لانخفاض سعر البدائل من الطاقة التقليديه والتي يقل سعرها في بعض الأحيان عن $\frac{1}{8}$ سعرها العالمي . وعلى ذلك فيقترح اصدار تشريع بدعم انشاء الوحدات - التي يثبت جدواها - بما يعادل ٧٥٪ من تكلفة إنشائها وذلك في حالة البقاء على دعم المنتجات البترولية الحالى .

وتتجدر الاشاره الى أن حصيلة الوفر في الدعم للمنتجات البتروليه ، نتيجة لانتاج الغاز الحيوي يمكن أن يمول الدعم الازم لانشاء وحدات الغاز الحيوي . على أن يعاد النظر في تخفيض نسبة الدعم لانشاء الوحدات في حالة رفع الدعم عن المنتجات البتروليه وبما لا يقل عن ٢٥٪ من تكلفة انشاء الوحدات تشجيعاً لنشر وحدات انتاج الطاقة المتتجدد لتأمين مستقبل الطاقة بمصر .

• رغمما من انتشار حظائر الالبان والتسمين والدواجن الكبيرة والتي يتجمع فيها كميات كبيرة من المخلفات في وسط المناطق السكنية المزدحمه بالسكان الا أنهلا تستخدمن أي طريقة لمعالجة المخلفات مما يجعلها مصدرأ للعدوى والتلوث . وعلى ذلك فيقترح اصدار تشريع بالزام مشروعات الانتاج الحيوانى الكبيرة ومزارع الدواجن بمعالجة المخلفات مما يساعد على تحسين الظروف الصحية ونشر تكنولوجيا الغاز الحيوي .

٤-١-٥ مقترنات لنجاح وسرعة نشر تكنولوجيا الغاز الحيوي في مصر :

• الاستمرار في تمويل البحث العلمي في هذا المجال بما يسمح باستكمال تطوير وحدات انتاج الغاز الحيوي بمعدلات عاليه وبتكلفه قليله وسهله النشر وتملاج للظروف المصريه .

• تدارك الوضع الحالى القائم في القرى التقليديه المكده والغير محظوظه وذلك بادخال وحدات الغاز الحيوي ضمن تحطيط القرى الجديده في المجتمعات الصحراويه .

• نظراً للتكدس في القرى التقليديه فيقتصر الاهتمام بنشر التكنولوجيا في العزب والنجوع نظراً لملاءمتها وأيضاً لارتفاع تكلفة البدائل مثل توصيل الكهرباء اليها .

كما أن معظمها مازال محروماً من الطاقة الكهربائية وأغلب الخدمات الأخرى.

هذا بالإضافة إلى الاهتمام بانتشال وحدات انتاج غاز كبيه بهدف انتاج الطاقة الكهربائية ومن ثم خلق مجتمعات مكتفيه ذاتياً . مما يوفر تكلفة الشبكات الباهظة التكاليف والازمة لنقل الكهرباء لمثل تلك المجتمعات الصغيرة .

. الاهتمام بانتاج الغاز الحيوي من المخلفات الصناعية العضوية لانتاج الطاقة والقضاء على التلوث .

. نظراً للعدم وجود هيئه متخصصه في مصر لنشر تكنولوجيا الغاز الحيوي فيقترح اجراء عرض للتكنولوجيا على نطاق واسع على أن يكون ذلك في اطار تدريبي يشترك فيه مراكز البحوث مع الجهات الأنسب للتنفيذ وهي جهاز بناء وتنمية القرية والأجهزة المحلية . على أن تشمل هذه الخطة إنشاء ١٠٠٠ وحدة متنوعة الأحجام وموزعه على أنحاء الجمهوريه .

. البدء في تنظيم هيئة (شبكة) للقيام بنشر تكنولوجيا الغاز الحيوي وتكون مرتبطة بأجهزة البحث العلمي والوزارات والهيئات المعنية تمهدًا لتعزيز التكنولوجيا في مصر على نطاق واسع .

٢- جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية :

تمثل جمهورية اليمن الديمقراطية مثالاً لشريحة أخرى من أرجاء الوطن العربي . يتميز بانخفاض مساحة الأرض المنزرعة واعتماد جزء كبير من الحيوانات على الرعي . إلا أنه رغم ذلك فإن هناك احتمالات كبيرة لاستخدام الغاز الحيوي في ريف اليمن .

٣- العوامل المساعدة على انتاج الغاز الحيوي :

- اعداد الحيوانات بالتناسب للتعداد السكاني تعتبر متوسطة . اذ يوجد باليمن طبقاً لاحصائيات ١٩٨٢ حوالي ١٢٣ الف بقره ، ٢٥٠ مليون رأس ما عز ، ٨٠٠ ألف رأس أغنام ، ١٠٠ ألف جمل ، ١٤٠ ألف حمار . كما يوجد عدة مزارع حكومية كبيرة للحيوانات وتربية الدواجن .

- ارتفاع درجة الحرارة في معظم المناطق الاهلية بالسكان حيث يقترب متوسط درجة الحرارة على مدار العام من ٢٩° م وهي تقترب من درجة الحرارة المثلث للتجمير (٣٥° م) مما يبشر بمعدلات عالية لانتاج الغاز . كما يحسن من اقتصاديات انتاج الغاز نظراً لمصر حجم المخمر المطلوب .

- وجود عدد كبير من مزارع الانتاج الحيواني والدواجن الكبيرة ، والتي تساعده على الاستفاده الكامله من المخلفات باستخدام نظم متطورة لانتاج الغاز الحيوي ،

لاستخدامه في انتاج الطاقة الكهربائية والأغراض الأخرى .

- اقتراب اسعار الطاقة المحلية من الأسعار الحقيقية مما يشجع المنتفعين على استخدام التكنولوجيا لعائدها المباشر .

٢-٢-١٠ أهم المحددات لانتشار التكنولوجيا وكيفية التغلب عليها :

- صغر كثافة الحيوانات في المنازل حيث اتضح في أحد الاحصائيات عن أحد القرى أن حوالي ٥٪ فقط من السكان يمتلك بمعدل مكافئ ثلاثة حيوانات كبيرة أو أكثر لكل عائلة وهي الحيوانات المناسبة لانتاج الغاز الحيوي بكميات كافية لاستهلاك الأسرة . هذا في حين أن حوالي ٥٠٪ من السكان يمتلك عدداً قليلاً من الماعز والاغنام بمتوسط ربع مكافئ حيوان كبير لكل أسرة . وهي كميه ضئيله جداً ولا تلائم انتاج الغاز الحيوي نظراً لصغرها .

ولتدرك هذه العقبة فإنه يقترح الاستعانة بالمخلفات الآدمية مع المخلفات الحيوانية المتواجدة بكثافة ضئيله . على أن يتم ذلك في إطار صحي متتكامل . حيث تنشأ مراحيف جماعية ، تستخدم مخلفاتها في تغذية وحدات انتاج غاز حيوي مشتركة وتغذي الى جانب ذلك بالمخلفات الحيوانية والعضوية المتاحة .

- حوالي ٣٥٪ من الشروق الحيوانية مملوک للبدو الرحل والذين لا يستقرون في مكان ما . وهذا يمثل عقبة في استخدامهم لوحدات انتاج الغاز الحيوي . ويقترح للتغلب على هذه العقبة تسكين البدو الرحل في أراضي زراعية مأمونة واستخدام وحدات انتاج غاز حيوي جاهزه وملائمته . على أنه يراعي فيها سهولة النقل أو انخفاض التكلفة حتى يمكن الاستفادة منها بعد فترة مثل المخمرات المصنعة من المواد البلاستيكية .

- السيلول واشرها المدمر على وحدات انتاج الغاز الحيوي . وللتغلب على ذلك يفضل استخدام تصميمات ملائمه لهذه الظروف .

٣-٢-١٠ امكانية تعميم تكنولوجيا الغاز الحيوي ومدى مساهمته في دعم الاقتصاد القومي :

رغم من المحددات التي تم ذكرها فإن هناك امكانية لنشر تكنولوجيا الغاز الحيوي لدى قطاع كبير في المجتمع الريفي وتنبع أهمية التكنولوجيا في أنها تحقق عدة مزايا :

- المساعدة على استخدام المخلفات الحيوانية في تسميد الأرض الزراعية حيث أنها حالياً لا تستخدم تقريباً خوفاً من عدو الأرض بالبذور البرية الموجودة في روث ماشية الرعي . ونظراً لأن التخمير يقضي على البذور تماماً فأن ذلك سيشجع المزارعين على استخدام المحلول المخمر في التسميد مما يحقق وفراً كبيراً في الأسمدة الكيماوية ويرفع انتاجية الأرض الزراعية .
- إنشاء المرافق الجماعية بالإضافة إلى المرافق العائلية واستخدام مخلفاتها في تغذية الوحدات ومن ثم معالجتها مما يحسن الظروف الصحية في القرى ويقلل من تلوث مياه الآبار . وقد قدر (١٦) أن حوالي ١٨٠ ألف أسرة يمكن أن تستفيد من نظام الصرف الصحي باستخدام تكنولوجيا الغاز الحيوي .
- قدر أنه يمكن إنشاء ٦٠٠٠ وحدة إنتاج غاز حيوي تختلف أحجامها بين ٥٠ - ١٧٠ م٢ تنتج حوالي ٢٧ مليون متر مكعب من الغاز الحيوي سنوياً وهي تعادل حوالي ١٦٠٠٠ طن كيروسين سنوياً ويمكن أن توفر حوالي ١٧٪ من المواد البترولية المستخدمة حالياً في ريف اليمن (١٦) .

1. Biogas Technology "An Information Package, TATA Energy Research Institute, 1985.
2. "Updated Guidebook on Biogas Development", Energy Resources Development Series, No. 27, ESKAP, United Nations, New York, 1984.
3. "Biogas in China", Sichuan Provincial Office for Biogas Development.
4. The Collection of Designs for Household Hydraulic Biogas Digesters in Rural 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.
5. H. Moawad, L.I. Zohdy et.al., "Assessment of Anaerobically Digested Slurry as a Fertilizer and Soil Conditioner" In Proc. Conf. Biogas Technology, Transfer and Diffusion, Ed. M.M. El Halwagi, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 499, 1986.
6. M.M. El-Halwagi, A.M. Abdel Dayem, M.A. Hamad, Village Demonstration of Biogas technology; An Egyptian case study, Proc., of IGT 6th meeting on Energy from Biomass and Wastes. Jan, 1982. Also Published in Natural Resources FORUM, 6 No. 4, (1982).
7. M.A. Hamad, A.M. Abdel Dayem, M.M. El-Halwagi, Rural biogas technology: Effect of digester pressure on gas rate and composition, J. Eng. and applied science 3, 1, 49 (1983).

8. M.A. Hamad, A.M. Abdel Dayem, M.M. El-Halwagi, Performance evaluation of two tural biogas units of the Indian and Chinese Versions. *J. Energy in Agriculture*, 1, 235, (1983).
9. M.M. El-Halwagi, A.M. Abdel Dayem, M.A. Hamad, Design and Construction of new type of Digester attached to an Egyptian Poultry Farm. *Third International Symposium on Anaerobic Digestion*, Boston, U.S.A. (1983).
10. M.M. El-Halwagi, A.M. Abdel Dayem, and M.A. Hamad, Utilization of Agricultural Village Wastes for Energy Generation and Fertilizer Production, *15th International Seminar, Egyptian Society for Packaging Nov.* (1983) (In Arabic).
11. M.M. El-Halwagi, M.A. Hamad, and A.M. Abdel Dayem, A. Pilot Experiment For Cooperative Community Biogas Facilities in Rural Egypt Indicated Social Failure, *The International Biogas Workshop on Community Plants, Bremen, Fed. Rep. Germany, 14-19 May* (1984).
12. M.M. El-Halwagi, A.M. Abdel Dayem, M.A. Hamad, Development and appilction of biogas technology for rural areas of Egypt - The National Research Centre Project, in *Biogas Technology, Transfer and Diffusion*, Ed. M.M. El-Halwagi, ElSevier Appl. Sci. Publ. (1986).
13. M.A. Hamad, A.M. Abdel Dayem, M.M. El-Halwagi, Design parameters affecting success and failure of biogas systems, *ibid*, (1986).
14. M.A. Hamad, M.M. El-Halwagi, The expected role of biogas technology in rural areas of Egypt: energy considerations, *4th Miami International Conference on alternative energy sources. Miami, U.S.A.* (1981).

15. M.M. El-Halwagi and M.A. Hamad "Rural Biogas Technology: Realistic Potential and Prospects in Egypt" International Symposium on Applications of Solar and Renewable Energy, Cairo, March, 1986.
16. M.M. El-Halwagi, M.A. Hamad, A.M. Abdel Dayem, Biogas Case Study for PDRY, UNESCWA Consultancy Report, Project PDY/86/W01, Dec. 1986.

ملحق (١) : دليل عن طرق البناء

نعرض في هذا الملحق بعض الملاحظات الهامة الواجب اتباعها في عمليات البناء مع عرض سريع لطريقة انشاء المخمرات المضغوطه بالماء

١-١- ملاحظات عامة عن طريقة التنفيذ

المبانى

يراعى استخدام طوب من نوع جيد ويتم تقويف الفوائل بعنابة اثناء اعمال البناء مع الضغط على الطوب لمنع الفراغات وتقليل المسامية .

المنشآت الخرسانية

يراعى في المنشآت الخرسانية المحافظة على جودة الخلط وتقليل كمية المياه لتقليل المسامية . خلطة الخرسانة هي 4R.M^3 زلط ، 4R.M^3 رمل ، 350Kg جسم اسمنت بورتلاندى عادى بالإضافة الى $180 - 200\text{Ltr}$ ماء . ويستخدم الخلط الميكانيكى فى المنشآت الكبيره وذلك لزيادة تجانس الخلطه وتقليل كمية الماء ما أمكن . كما يستخدم هزاز اثناء عملية الصب لتقليل تعشيش الصبة وتقليل المسامية وخصوصا فى أسقف المخمرات . ويستخدم رمل من نوع جيد وزلط مهزوز ومتدرج بأحجام متوسطة .

المحارة

تستخدم محارة خاصه للمنشآت من الداخل وذلك لمنع تسرب الماء والغاز من جدران المخمر . وت تكون المحارة طبقا للنظام الصيني من خمسة طبقات تتبع تشغيلها جميعا في نفس اليوم وذلك على النحو التالي :

الطبقة الأولى : فرشه بأسمنت مذاب في ماء ومضاف اليه سيليكات الصوديوم بنسبة $1 - 2\%$ من كمية الاسمنت ، وذلك في الأجزاء الملامسة للماء أما الأجزاء الملامسة للغاز فيتم اضافة $1 - 2\%$ كلوريد حديديك . وتكرر هذه العملية مرتبطة . كبطانه مع مراعاة تغطية السطح جميعه .

الطبقة الثانية : محارة بسمك $3 - 4\text{mm}$ مع كبسها جيدا وتشغل بعد نصف ساعه من الطبقة الأولى ويراعى الكبس جيدا اثناء التشغيل مع اعادة الكبس ثانية بعد ساعه . ويكون مخلوط الطبقة الثانية من . اسمنت 2R.M + 1R.M ناعم (اقل من 1mm) + 2R.M جير معلق + 2R.M سيليكات صوديوم 10R.M كلوريد حديديك . الجير يطفأ حديثا ويتحول الى محلول غليظ القوام ويتم نخله قبل اضافته . يتم خلط المكونات جيدا و تستعمل مباشرة .

الطبقة الثالثة : فرشة بأسمنت مثل الطبقة الأولى ويتم بعد ساعتين من عمل الطبقة الثانية .

الطبقة الرابعة : محارة بسمك ٣ - ٤ مم وتستخدم بعد $\frac{1}{2}$ ساعة من الطبقة الثالثة . ويستخدم مخلوط شبيه بالمستخدم في الطبقة الثانية .

الأجزاء المستخدمة كخزان غاز يفضل معالجتها بمحلول شمع في الكيروسين بعد تمام الشك وذلك لمنع تسرب الغاز .

خزان الغاز المعدني

يراعى أن يكون اللحامات جيدة لمنع تسرب الغاز والمحافظة على الأبعاد وعدم الاحتكاك . بعد التصنيع يتم تنظيف الخزان جيداً لازالة الصدأ والشحومات ثم يدهن بالسلقون ويعاد دهانه بالبوبيه أو البتيومين وذلك لحمايته من التآكل .

١- اختبار المنشآت

تحتبر المنشآت للتأكد من عدم تسرب الماء أو الغاز

اختبار تسرب الماء

لإجراء اختبار الماء يتم ملء المخمر أو حجرة الخزان بالماء . ويراقب مستوى الماء . اذا نقص المستوى بحد اقصى ١ سم كل ٢٤ ساعة يعتبر المنشأ مقبولاً .

اختبار تسرب الغاز

ولإجراء اختبار تسرب الغاز يرفع ضغط المخمر الى ضغط التشغيل ثم يلاحظ الضغط على مدى ٢٤ ساعة فادا حدث انخفاض معقول (١٠ - ٢٠ سم عمود ماء) يعتبر الجهاز مناسباً . يتم اختبار خزان الغاز المعدني بملئه بالماء وملحوظة الرشح . وعند التشغيل يعاد اختبار التسرب من الخزان وذلك بوضعه وهو مغلق في مكانه في المخمر أو الحجره المملووء بالماء فيعود الخزان . ويلاحظ تغير ارتفاع الخزان . أو انخفاض في ارتفاع الخزان عن سطح المياه يعتبر تسرباً ويجب الكشف عليه واصلاحه . يتم تحديد مكان التسرب برش محلول ماء مع منظف صناعي وملحوظة الفقاعات المرتبطة بتسرب الغاز .

٢- عرض لطريقة انشاء مخمر صيني

المخرمات الصينيه قد تنشأ من الطوب أو الخرسانه أو منها معاً وهي عادة تنشأ تحت سطح الأرض وتوصى بالحظيره والمرحاض .

شكل (١) يوضح طريقة حفر الحفره الالازمه لانشاء المخمر . يثبت عمود رأسى ويربط خيط بطول نصف قطر الحفر . قطر الحفر = قطر المخمر الخارجى + منطقة للك حول المخمر . يتم الحفر حتى العمق المطلوب . قاعدة المخمر الكرويه يتسم حفرها باستخدام خيط ايضا بطول نصف القطر ويحرك فى جميع الاتجاهات لضبط أرضيه القاعدة . وتصب القاعدة بنصف الطريقة . يتم بناء الجزء الاسطوانى مع دك الاتربه حول المبانى بعد بناء كل عدة مداميك .

شكل (٢) يوضح طريقة صب القبو العلوي باستخدام شدة خشبيه . الشده تشغل من البوص أو الخشب كما هو موضح في الشكل ثم تسفى بيوص أو خلافه وتغطى بالأتربه طبقا للشكل المطلوب ثم تغطى بطبقه من الرمال الناعمه وتصب الخرسانه . وبد تمام الشك تزال الشده والأتربة .

شكل (٣) يوضح بعض الانماط المستخدمه فى انشاء فتحة التفتيش وغطاءها . ويلاحظ استخدام طينه بدون حشو كجوان لمنع تسرب الغاز . ويملا فوق الغطاء بالماء .

٣- عرض لطريقة انشاء المخمر الصينى-المصرى

المخمر موضح في باب ٢٥-٣ شكل (٣ب) . القاعدة خرسانية وجسم المخمر من الطوب . يتم الحفر كما وضح في طريقة انشاء المخمر الصينى ويتم بعد ذلك صب القاعدة بنفس الطريقة . المخمر عبارة عن نصف كرة . ولذلك يحدد مركز الكره ويثبت به خيط بطول نصف القطر الداخلى .

شكل (٤) يوضح بناء أول دائره من الطوب ويراعى استخدام ميزان مياه الضبط المستوى واستعمال الخيط للمحافظه على دوران وكروية البناء .

شكل (٥) يوضح تقدم أعمال البناء باستخدام نفس الخيط لضبط كروية المخمر .

شكل (٦) يوضح طريقة تثبيت ماسورة التغذية ويراعى تثبيتها على حامل سفلسى من الطوب وربطها من أعلى .

شكل (٧) يوضح القبو في مراحله قبل النهايه وبعد تثبيت ماسورتى التغذية والخروج .

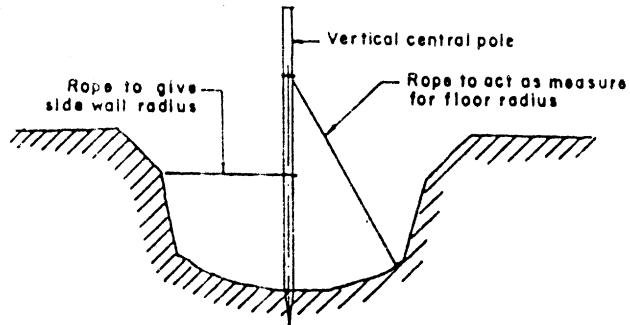
شكل (٨) يوضح تقدم البناء في القبو في مراحله النهايه .

شكل (٩) يوضحان بدء بناء رقبة فتحة التفتيش .

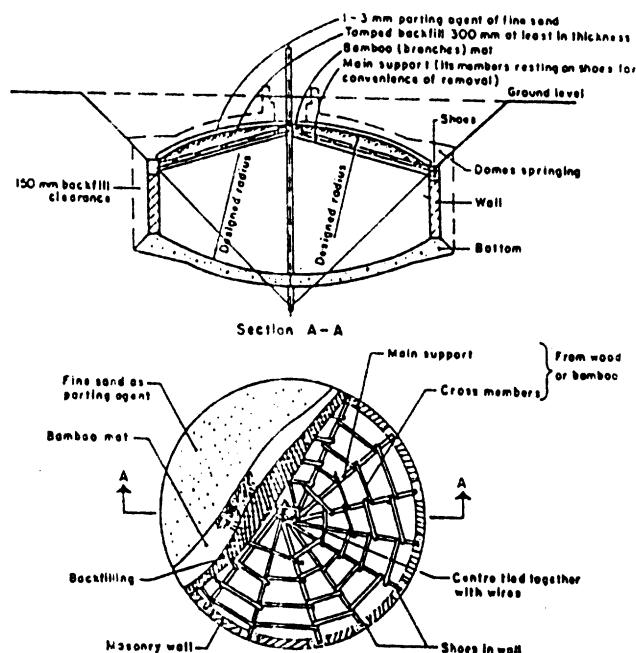
شكل (١١) يوضح الرقبة والقبو وطريقة تغطيته بالمونه .

شكل (١٢) يوضح المخمر بعد تغطيته بالأتربه وتظهر حجرة التغذيه وحجرة التفتيش كما يظهر الهيكل المعدنى الخاص بالصوبه .

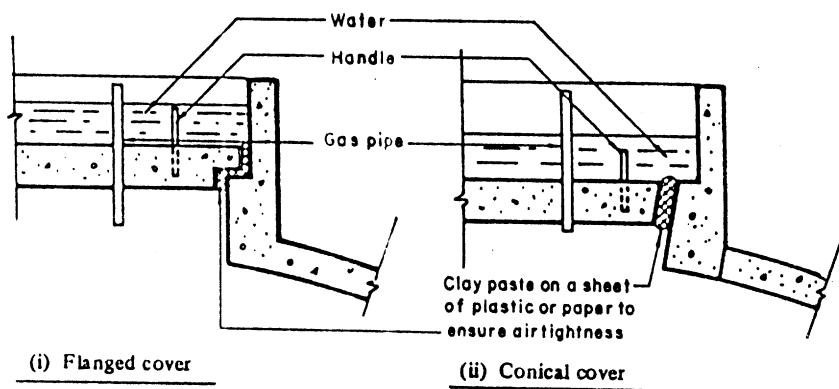
شكل (١٣) يوضح الصوبه الشمسيه تغطى المخمر وحجرة التغذيه وحجرة الخروج .



شكل (١) دليل مركزي لحفر القطر الاسطوانى والقاع الكروي المخمر الصينى



شكل (٢) شده خشبيه (بوص) لصب القبه



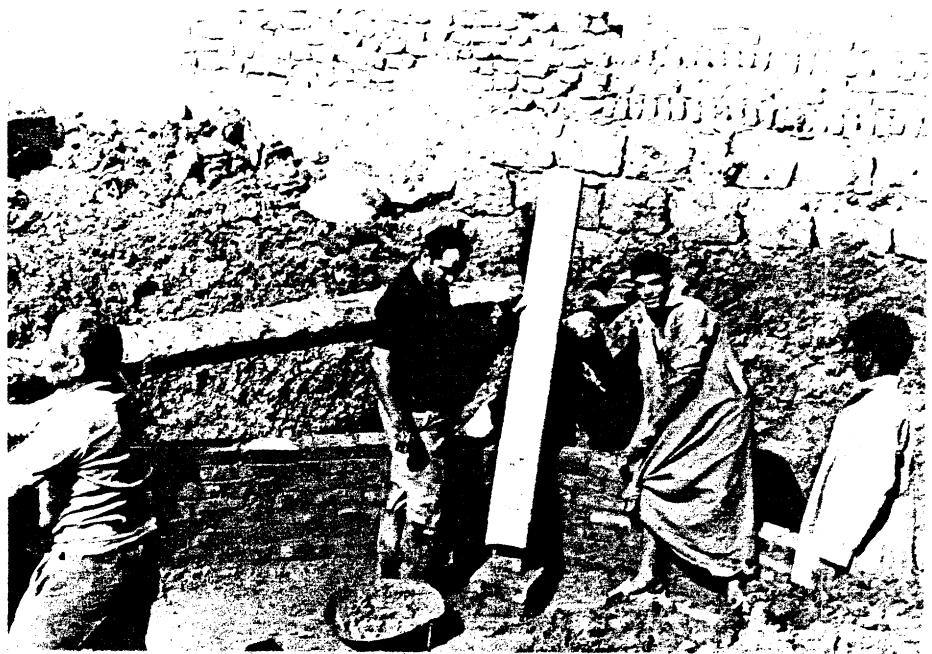
شكل (٣) تصميمات غرفة التفتیش



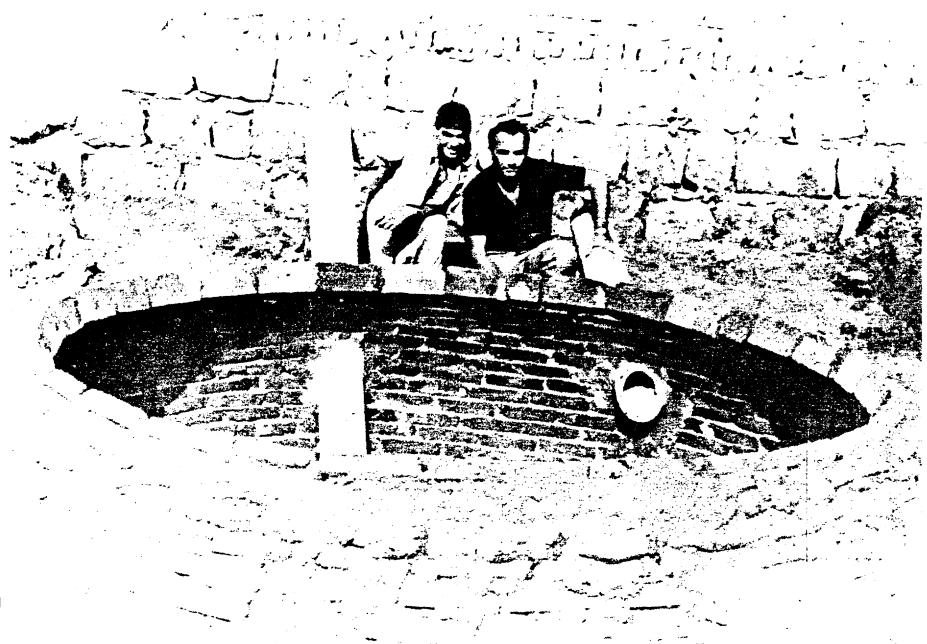
شكل (٤) بدء بناء المخمر



شكل (٥) بناء الهيكل الكروي



شكل (٦) تثبيت ماسورة التغذية



شكل (٧)

القبو و ماسورتى التغذية والخروج



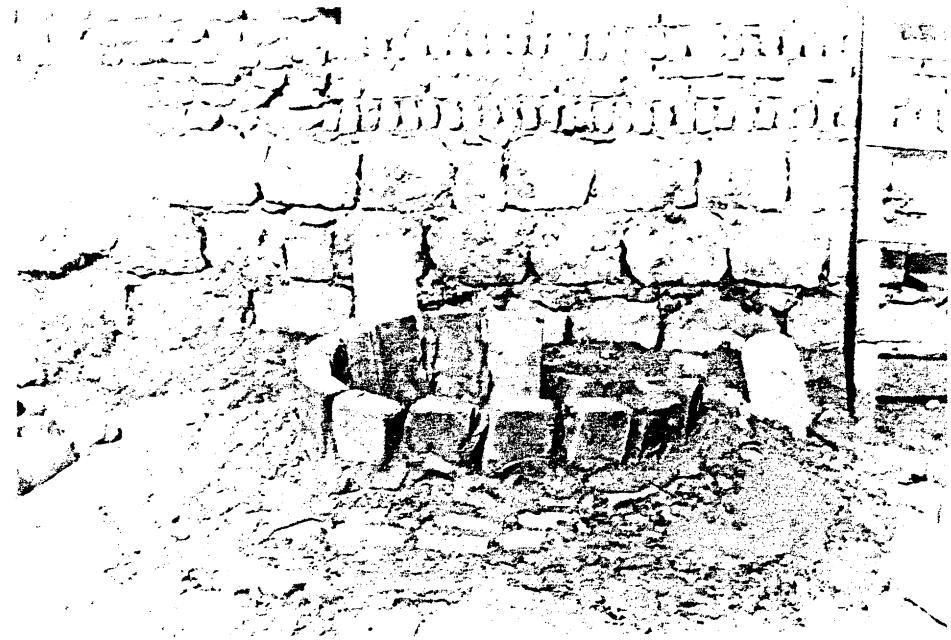
شكل (٨)

بناء القبو في مراحله النهاية



شكل (٩)

بدء بناء الرقبة



شكل (١٠) صف الطوب الأول من رقبة فتحة التفتيش

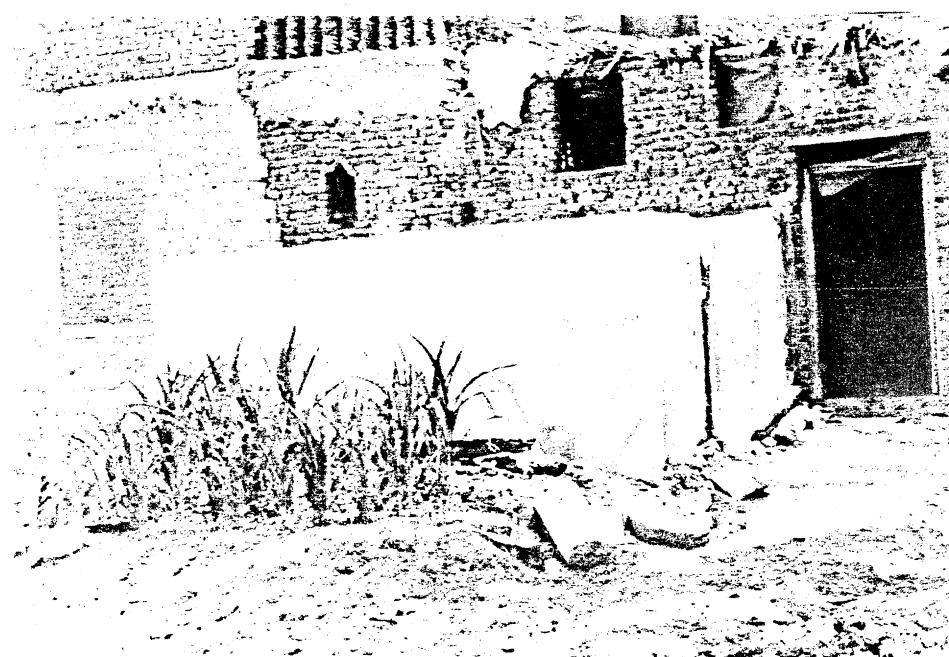


شكل (١١)

تفطية جدار المخمر الخارجى باللون



شكل (١٢) المخمر في صورته
النهائيه تعد تغطيته بالتره



شكل (١٣) الصوبه الشمسيه تكسو المخمر
وحجرتى التغذيه والخروج

ملحق ٢: تصميمات تفصيلية لبعض وحدات انتاج الغاز الحيوي

نعرض في هذا الملحق بعض التصميمات التفصيلية لوحدات انتاج الغاز الحيوي من الطرازات الهندية والصينية باعتبارها الاكثر شيوعا في العالم عليها تكون دليلاً معييناً على التصميم والتطبيق والتطوير .

١-١- وحدات انتاج الغاز الحيوي من الطراز الهندي

أشهر التصميمات الهندية هو طراز الـ KVIC . و يوجد دليل لهذه التصميمات يحوي على تصميمات تفصيلية لمجموعة كبيرة من الأحجام .

شكل (١) يوضح وحدة الهضم بالخزان والدليل . و عادة تسمى الوحدة بمعدل انتاجها اليومي المتوقع من الغاز . وعلى هذا الأساس يطلق على هذه الوحدة "حجم ٣٥ غاز" .

شكل (٢) عبارة عن رسم تفصيلي لخزان الغاز قطر ١٨٥ سم .

شكل (٣) عبارة عن رسم تفصيلي لدليل خزان الغاز .

شكل (٤) يوضح وحدة انتاج الغاز الحيوي حجم ١٠٣ م³ غاز .

شكل (٥) يمثل رسم تفصيلي لخزان الغاز .

شكل (٦) عبارة عن رسم تفصيلي لدليل الخزان .

١-٢- وحدات انتاج الغاز الحيوي من الطراز الصيني

يوجد العديد من التصميمات الصينية لوحدات انتاج الغاز الحيوي المضغوط بالماء . و اكثراً انتشاراً هو النوع الاسطواني الذي ينتهي بقبو من أعلى وهذا النوع أجرى عليه العديد من التطويرات في الصين وغيرها - وتوجد هذه التصميمات في مواصفات قياسية تصدرها الصين .

شكل (٧) عبارة عن رسم تفصيلي لوحدات انتاج الغاز الحيوي ويحوي ابعاد لمخمرات ١٢٠،٨٠٦ م³ .

المواصفات المذكورة لمخمرات مبنية من الطوب (٢) .

شكل (٨) عبارة عن رسم تفصيلي لوحدات انتاج غاز حيوي بحجم ٥٠ م³ منشأة من مواد خام مختلفة وهي الخرسانة ، والخرسانة مع الجير والجير مع الطمس .

وجدير بالذكر أن هذه التصميمات تمثل أحد مراحل التطوير في المخمرات الصينية ، وهي منتشرة في عام ١٩٧٩ (٢) .

اشكال (١١-٩) توضح آخر التصميمات الصينيه المطورة والتي صدرت في كتاب المراصفات القياسية الصيني عام ١٩٨٤ وعمل به اعتبارا من اغسطس ١٩٨٥ (٤)
وهي تعتبر اضافة كبيرة حيث تم تعديل التصميم لتسهيل الانشاء ورفع الكفاءة

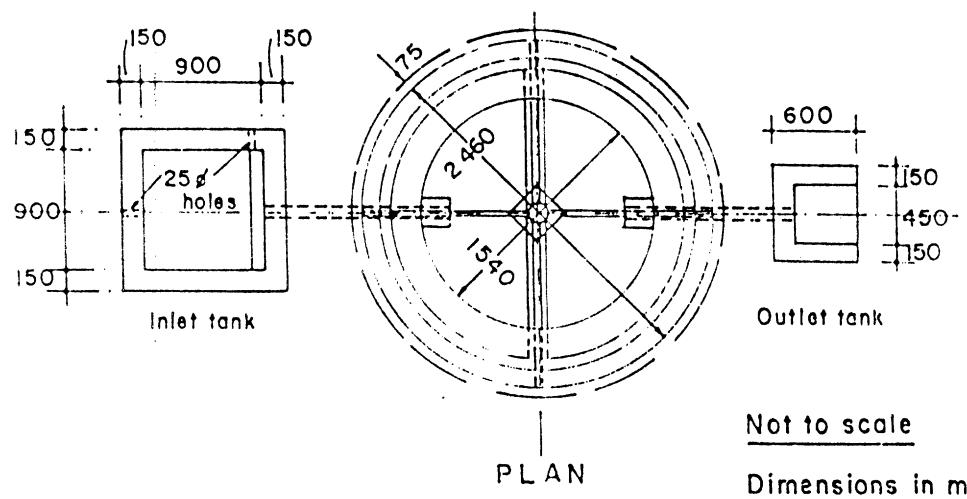
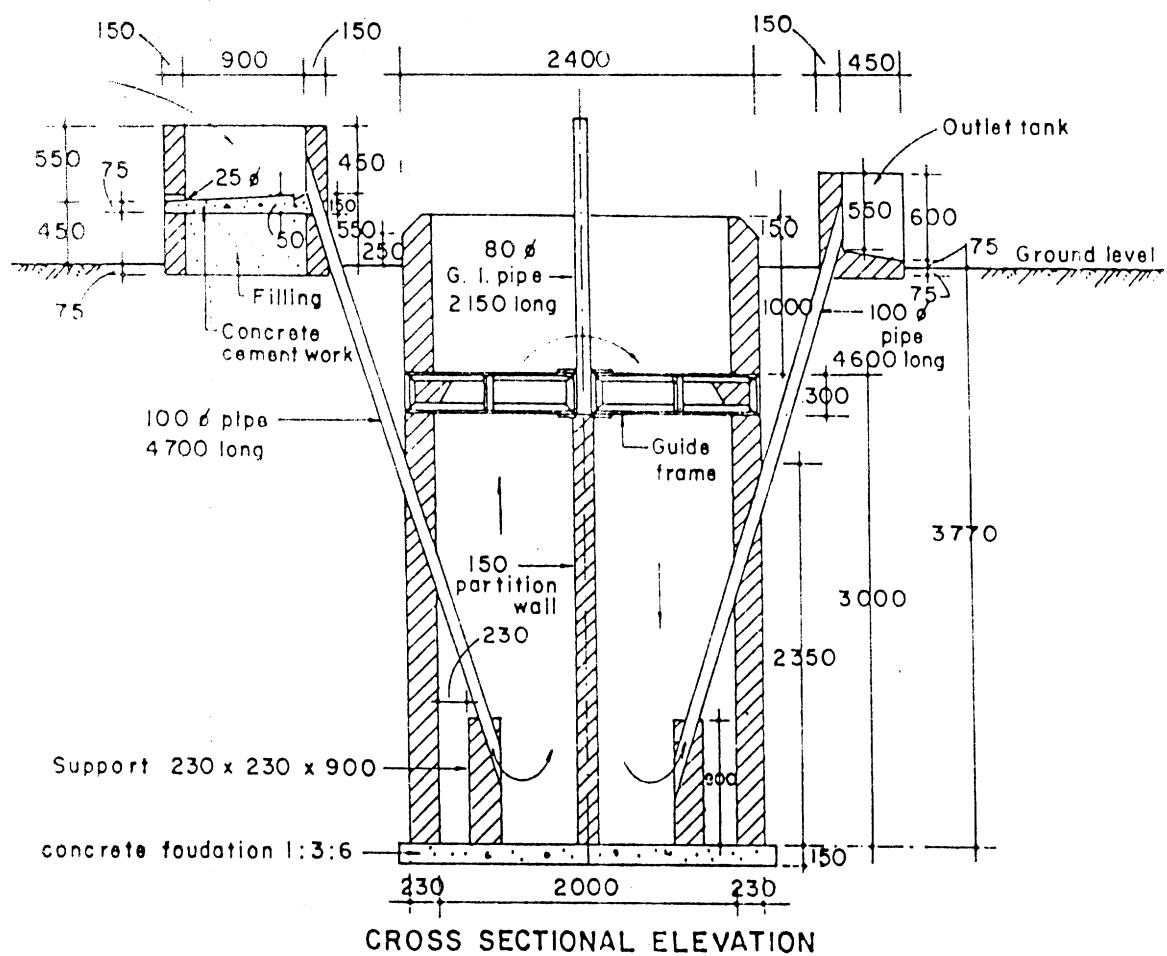
شكل ٩ يوضح وحدة انتاج غاز حيوى صيني حجم ٦³م

شكل ١٠ يوضح وحدة انتاج غاز حيوى صيني حجم ٨³م

شكل ١١ يوضح وحدة انتاج غاز حيوى حجم ١٢³م

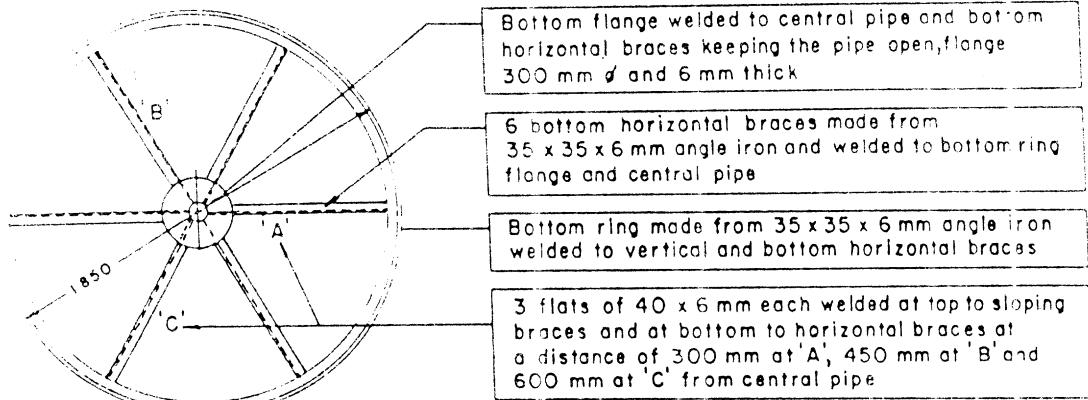
شكل ١٢ عبارة عن رسم تفصيلي للوحدة

شكل ١٣ عبارة عن رسم تفصيلي للغطاء

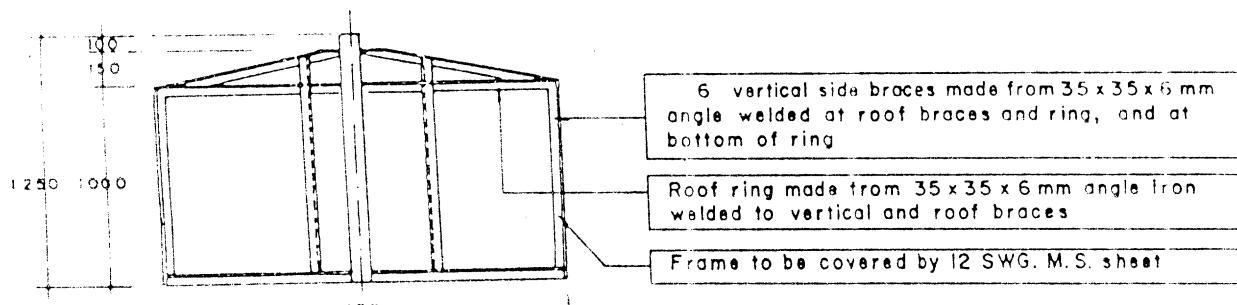


Floating gas holder digester of 5 m^3 gas per day, KVIC design (India)

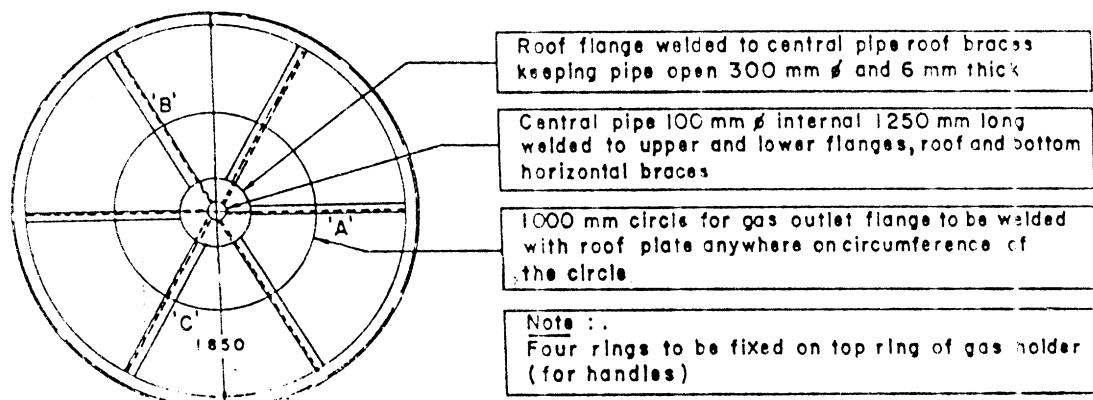
شكل (١) وحدة انتاج غاز حيوي تصميم هندي (5 m^3 غاز / يوم)



BOTTOM PLAN



CROSS SECTIONAL ELEVATION



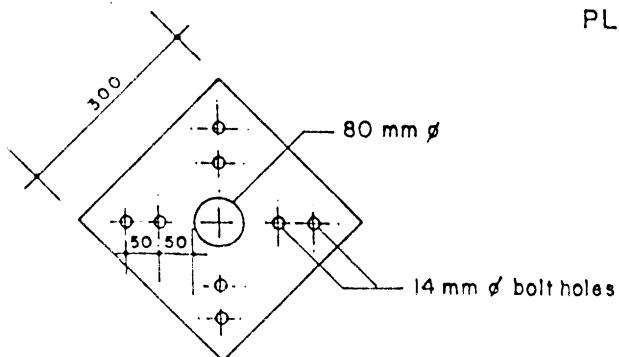
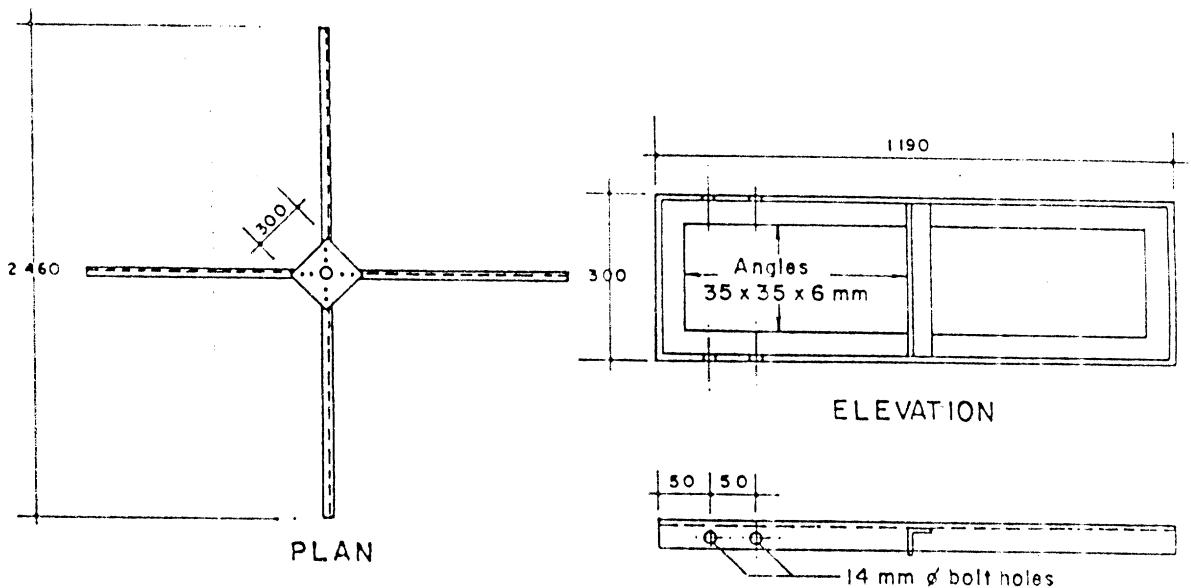
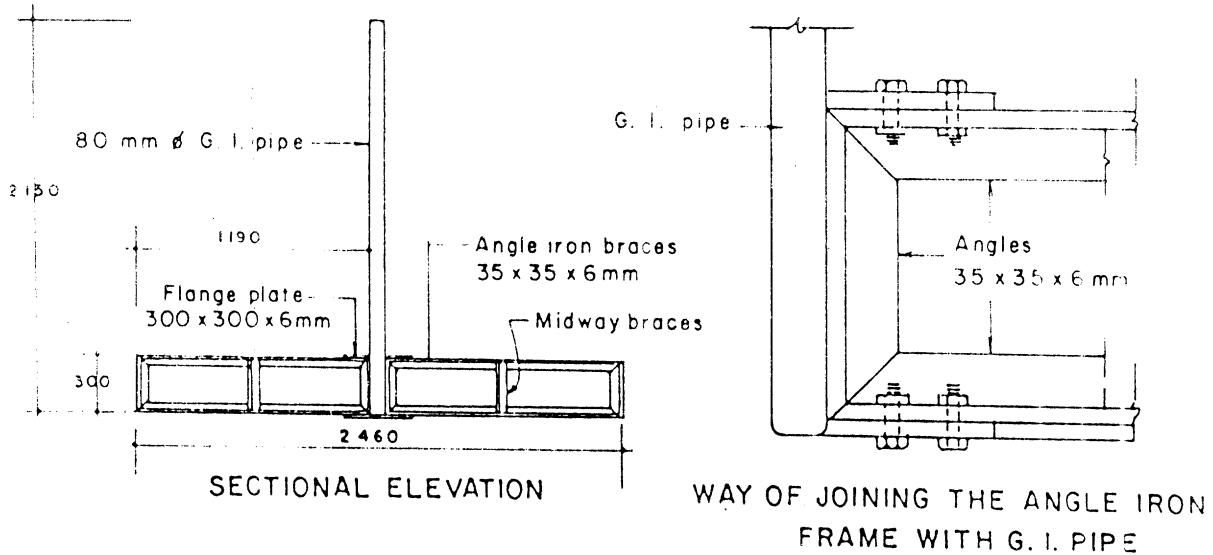
TOP PLAN



SECTIONAL ELEVATION OF GAS OUTLET FLANGE

Floating gas holder for 5 m³ gas per day, KVIC design (India)

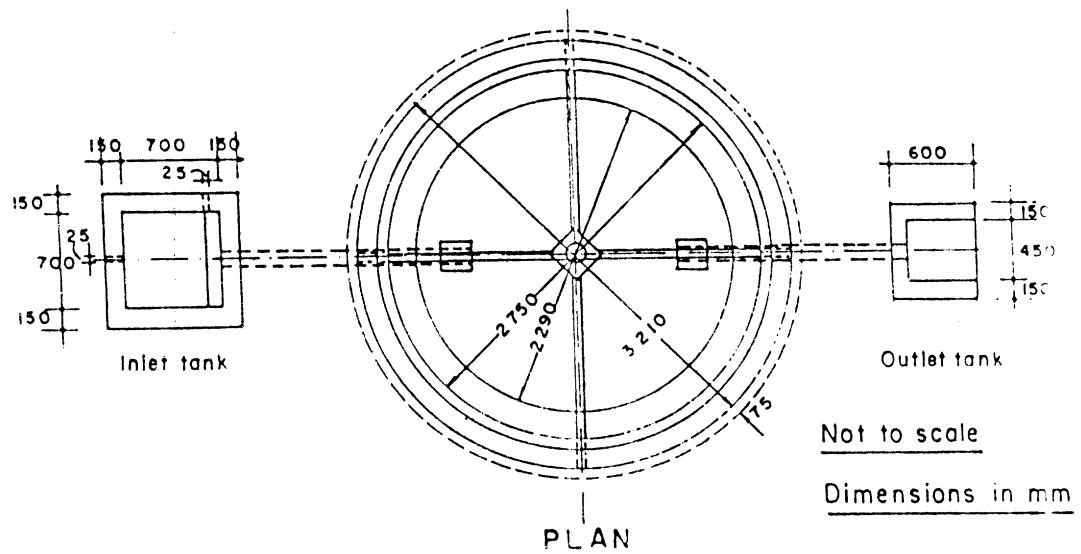
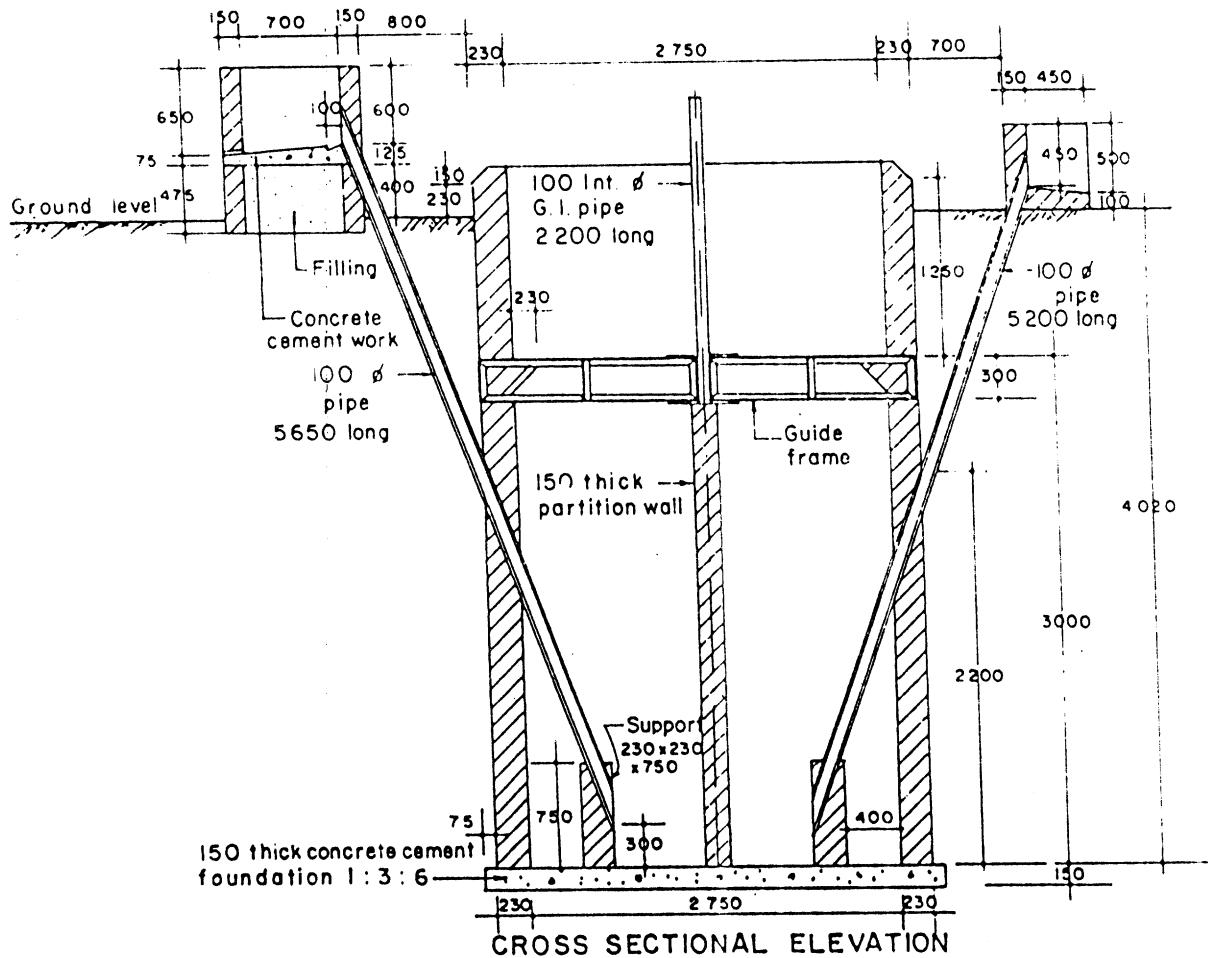
٢) خزان الغاز لوحدة ٥ م³



FLANGE PLATE 300x300x6 mm

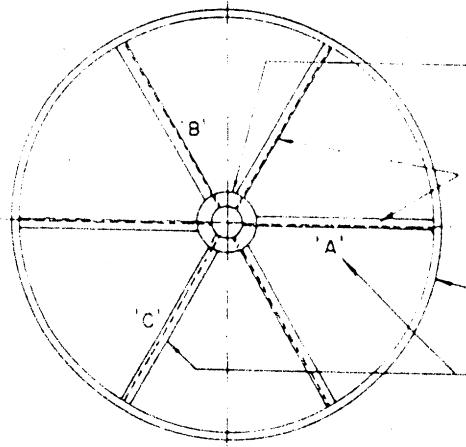
Gas holder guide for 5 m³ gas per day, KVIC design (India)

شكل (٣) دليل الخزان لوحدة ٥ م³



Floating gas holder digester of 10 m^3 gas per day, KVIC design (India)

شكل (٤) وحدة انتاج غاز حيوي تصميم هندي ($10 \text{ m}^3 / \text{ يوم}$)



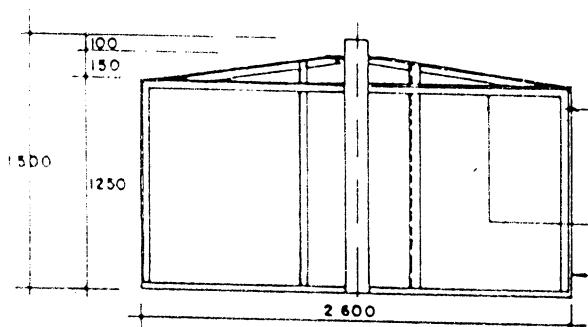
BOTTOM PLAN

Bottom flange welded to central pipe and bottom horizontal braces keeping the pipe open flange 300 ϕ and 6 thick

6 Bottom horizontal braces made from 35 x 35 x 6 angle iron and welded to bottom ring flange and central pipe

Bottom ring made from 35 x 35 x 6 angle iron welded to vertical and bottom horizontal braces

3 flats of 40 x 6 each welded at top to sloping braces and at bottom to horizontal braces at a distance of 300 at 'A', 600 at 'B' and 90 at 'C' from central pipe.

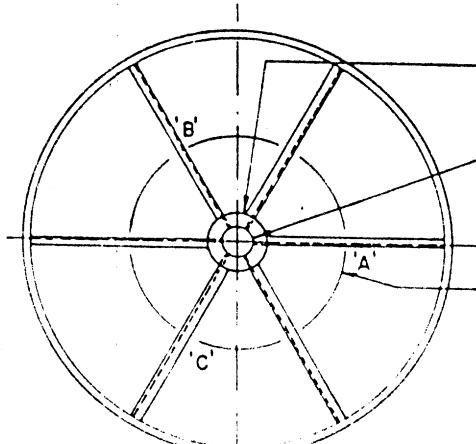


CROSS SECTIONAL ELEVATION

6 vertical side braces made from 35 x 35 x 6 angle welded at roof braces and ring, and at bottom to ring

Roof ring made from 35 x 35 x 6 angle iron welded to vertical and roof braces

Frame to be covered by 3.175 thick (10 SWG) sheets



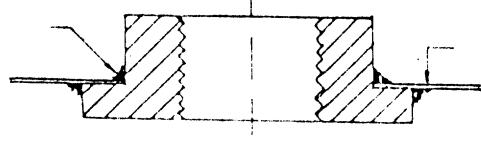
TOP PLAN

Roof flange welded to central pipe roof braces keeping pipe open 300 ϕ and 6 thick

Central pipe 125 internal ϕ 1500 long welded to upper and lower flanges, roof and bottom horizontal braces

1300 ϕ circle for gas outlet flange to be welded with roof plate anywhere on circumference of the circle

Note :
Four rings to be fixed on top ring of gas holder (for handles)



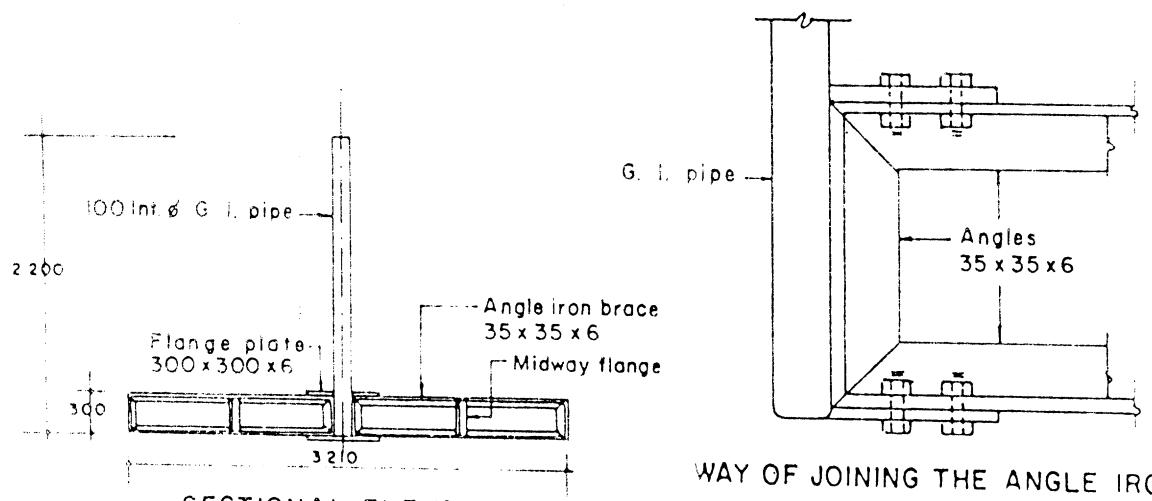
SECTIONAL ELEVATION OF GAS OUTLET FLANGE

Not to scale

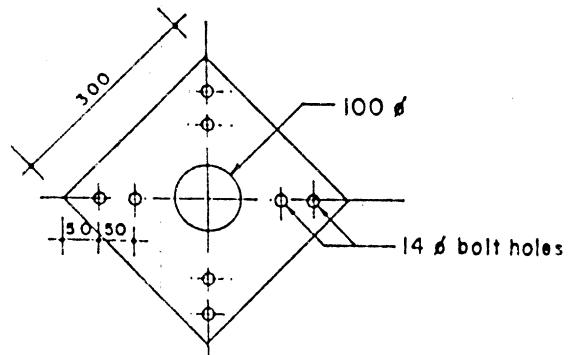
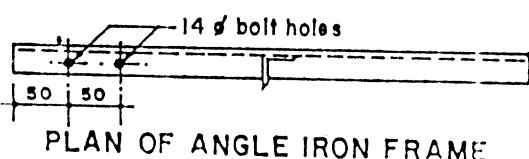
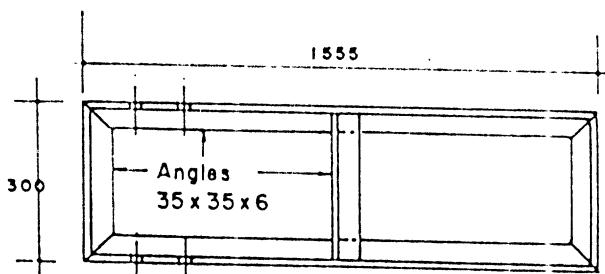
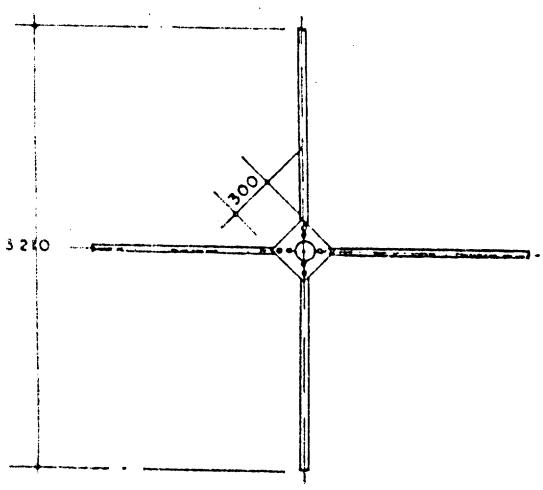
Dimensions in mm

Floating gas holder digester of 10 m³ gas per day, KVIC design (India)

شكل (٥) خزان الغاز لوحدة ١٠ م³



WAY OF JOINING THE ANGLE IRON FRAME WITH G.I. PIPE



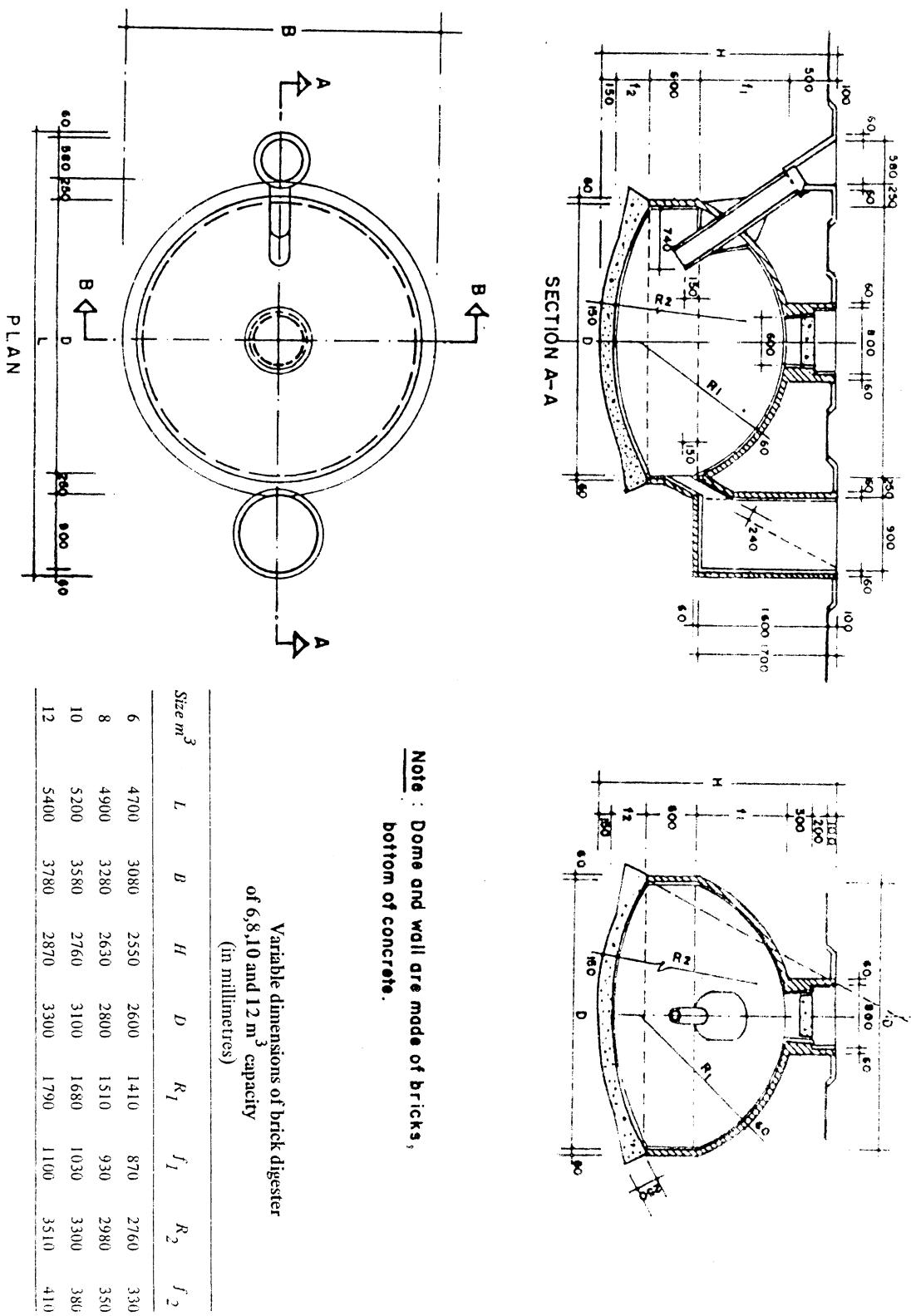
Not to scale

Dimensions in mm

FLANGE PLATE 300x300x6 mm

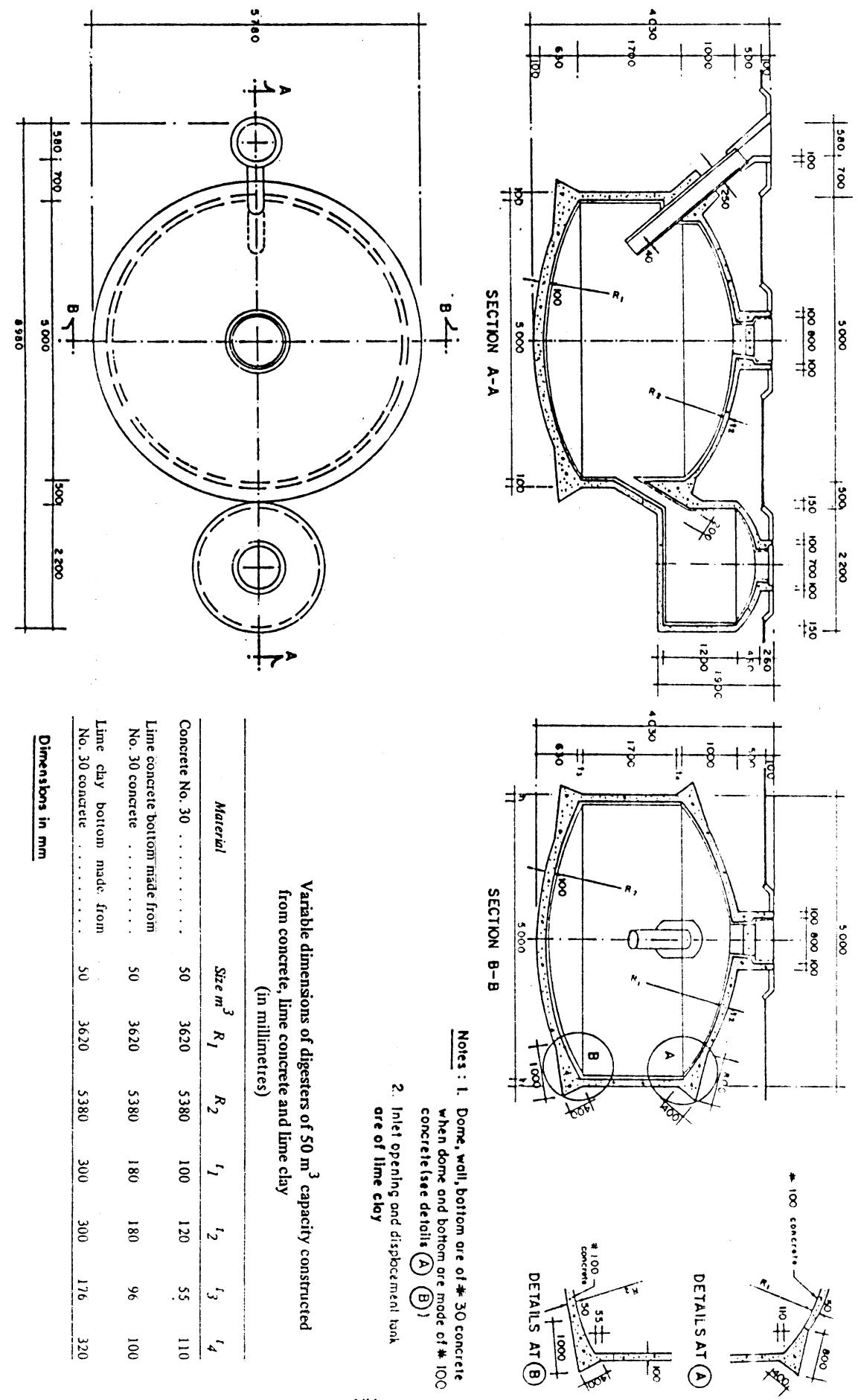
Floating gas holder digester of 10 m³ gas per day, KVIC design (India)

٦) دليل الخزان لوحدة ١٠ م³



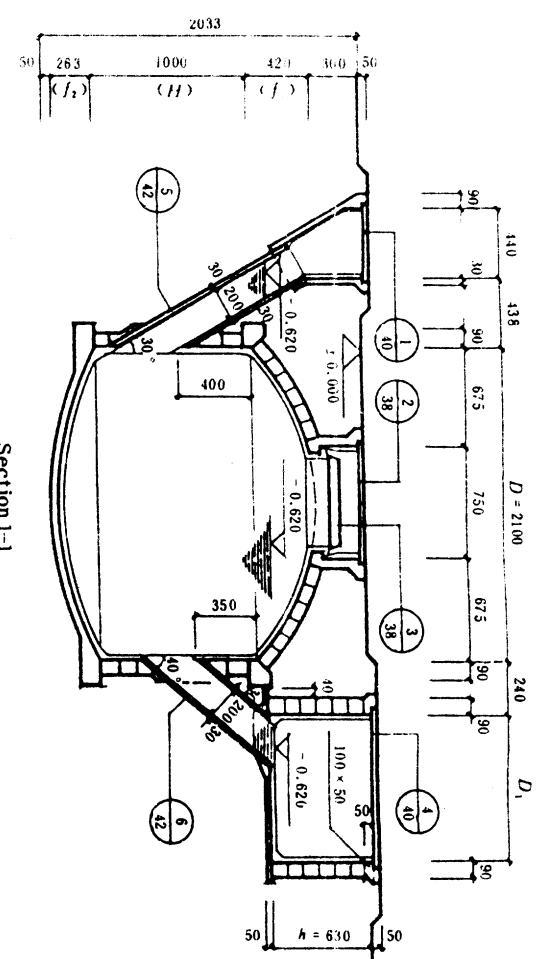
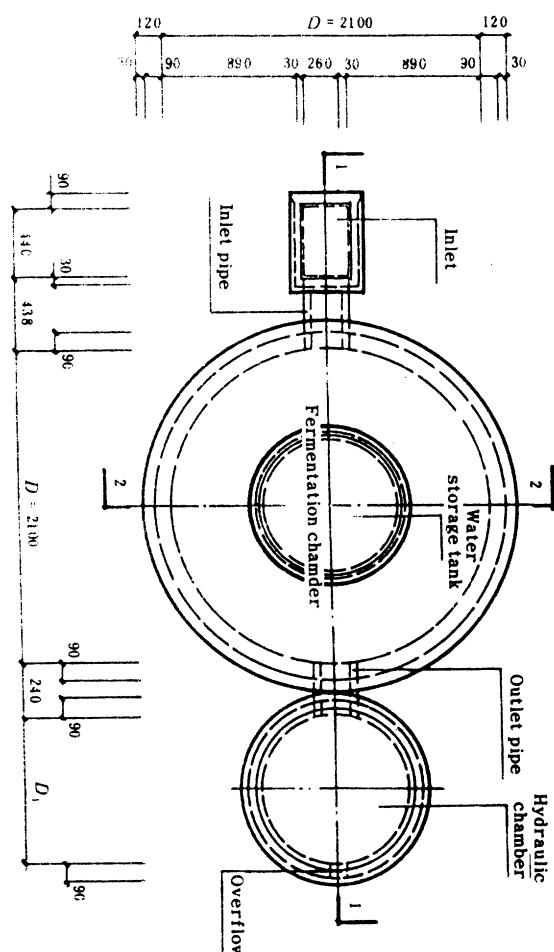
Fixed dome digester of 6, 8, 10 and 12 m³ capacity constructed mainly of brick (China)

شكل (٧) وحدة إنتاج غاز حيوي ، تصميم صيني ، أحجام ٦،٨،١٠،١٢ m³ (الصين)

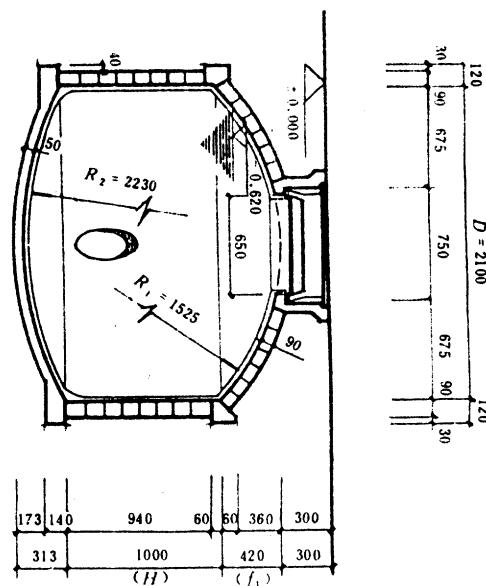


Fixed dome digester of 50 m^3 capacity constructed of concrete, lime concrete and lime clay (China)

شكل (٨) وحدة انتاج غاز حيوي تصميم صيني حجم ٣٥ م٣ (المكعب)



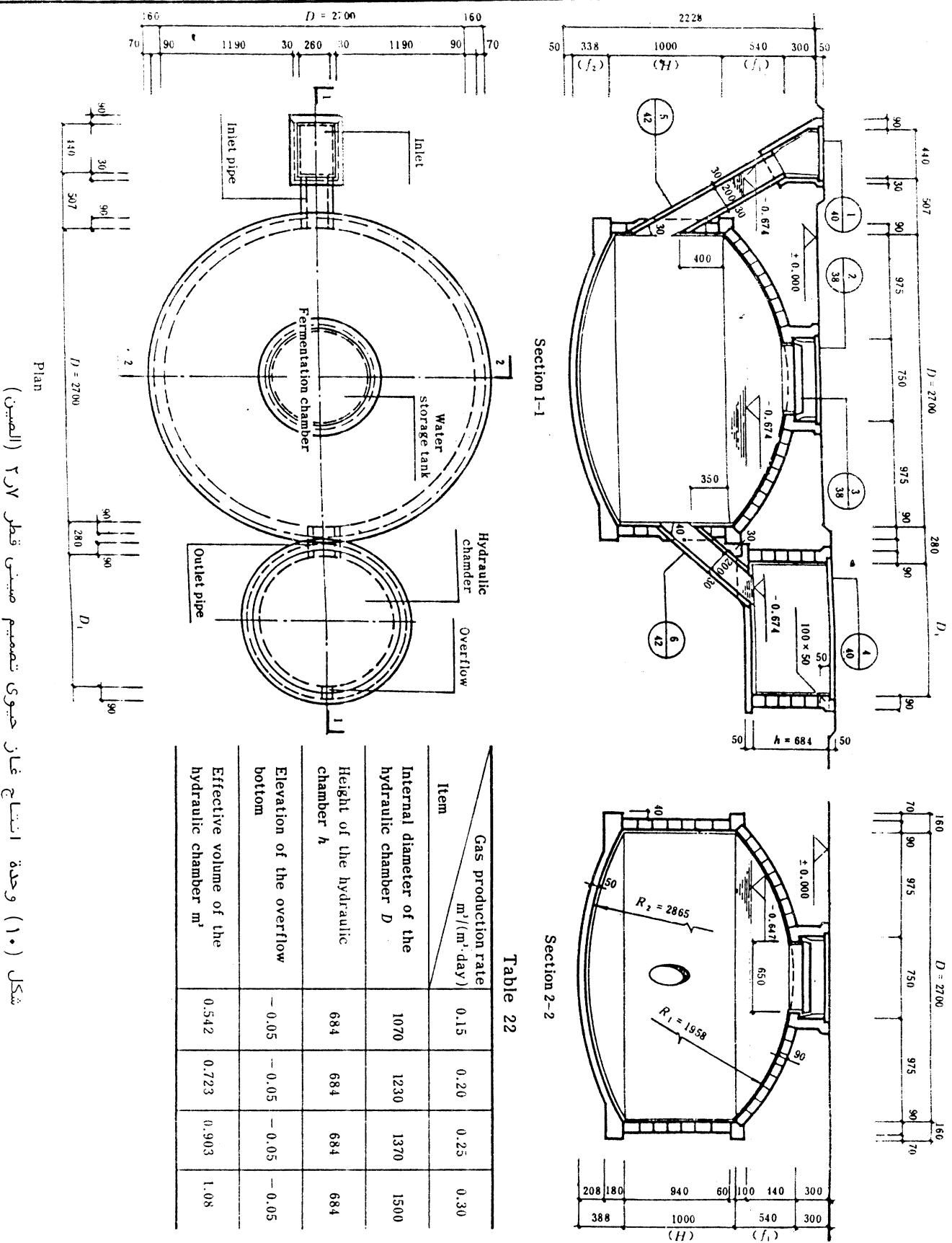
Section 1-1



Section 2-2

Table 20

| Item | Gas production rate $\text{m}^3 / (\text{m}^3 \cdot \text{day})$ | | | |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| Internal diameter of the hydraulic chamber D | 841 | 970 | 1080 | 1180 |
| Height of the hydraulic chamber h | 630 | 630 | 630 | 630 |
| Elevation of the overflow bottom | -0.05 | -0.05 | -0.05 | -0.05 |
| Effective volume of the hydraulic chamber m^3 | 0.303 | 0.403 | 0.504 | 0.605 |



شكل (١٠) وحدة انتاج غاز حبوي تصميم مبني قطر ٢٧ (الم بين)

GB 4750-84

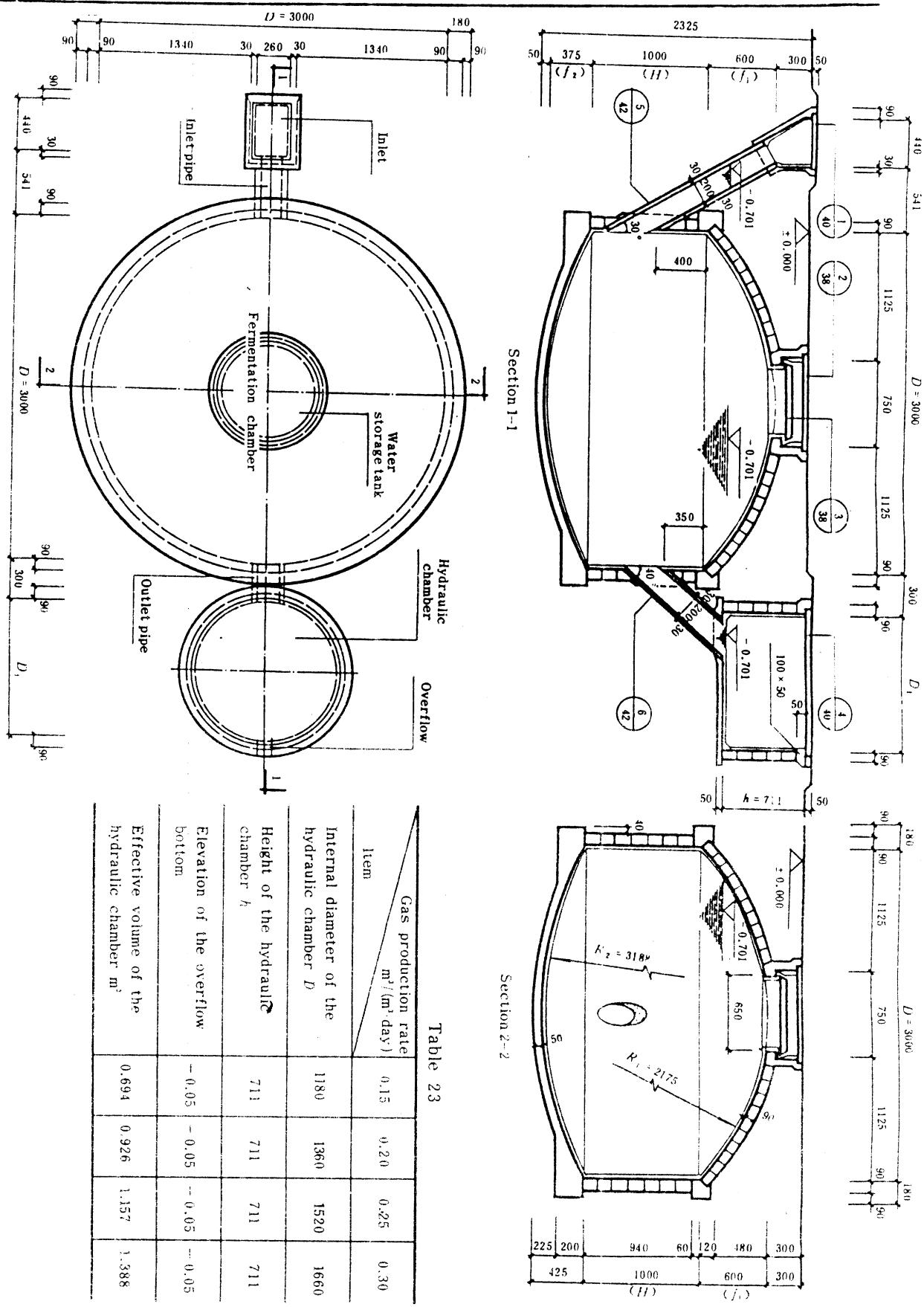
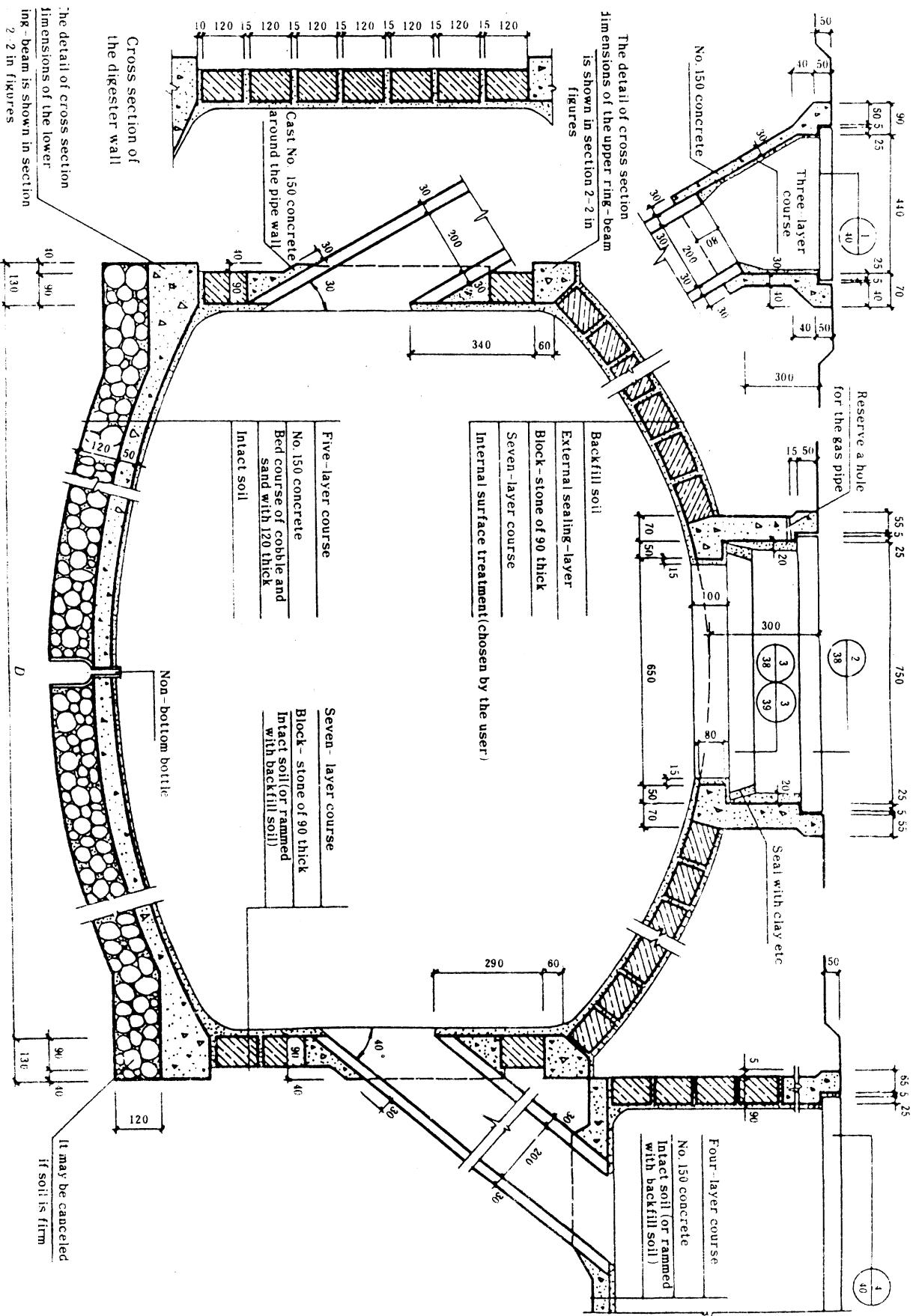


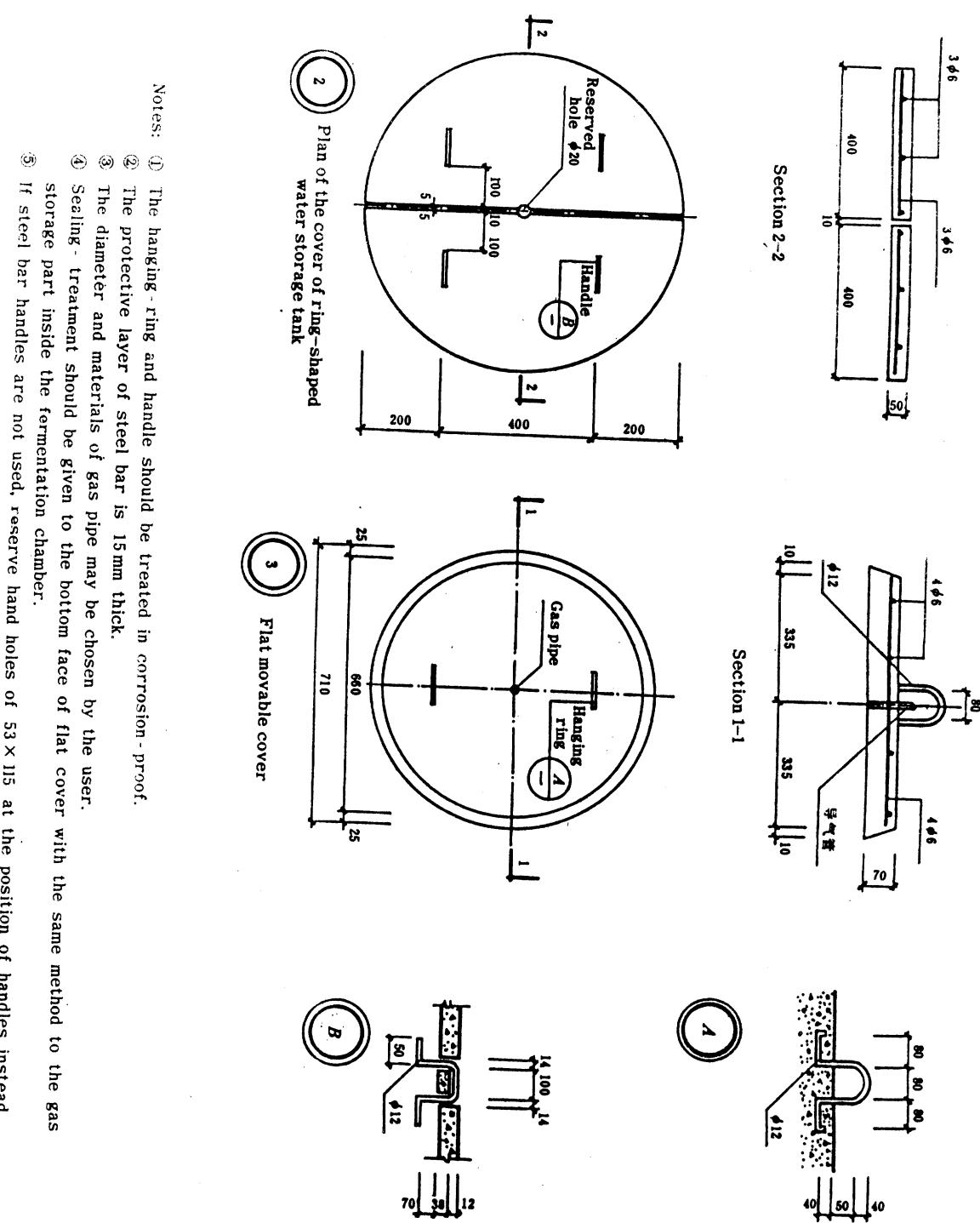
Table 23

| Item | Gas production rate m ³ /(m ³ . day) | | | |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| Internal diameter of the hydraulic chamber D | 1180 | 1360 | 1520 | 1660 |
| Height of the hydraulic chamber h | 711 | 711 | 711 | 711 |
| Elevation of the overflow bottom | - 0.05 | - 0.05 | - 0.05 | - 0.05 |
| Effective volume of the hydraulic chamber m ³ | 0.694 | 0.926 | 1.157 | 1.388 |

- 1 -

شكل (١١) وحدة انتاج غاز حبوي تصميم صيني، قطر ٣٣ (الصين)





Notes:

- ① The hanging - ring and handle should be treated in corrosion - proof.
- ② The protective layer of steel bar is 15mm thick.
- ③ The diameter and materials of gas pipe may be chosen by the user.
- ④ Sealing - treatment should be given to the bottom face of flat cover with the same method to the gas storage part inside the fermentation chamber.
- ⑤ If steel bar handles are not used, reserve hand holes of 53 X 115 at the position of handles instead .

شكل (١٣) رسم تفصيلي لخطاء المخمر (المبطن)